

**Е. Д. Боярчук, А. А. Виноградов,  
В. И. Шейко, О. А. Виноградов**

**АНАТОМИЯ,  
ФИЗИОЛОГИЯ  
И ПАТОЛОГИЯ  
ОРГАНА СЛУХА**



Министерство образования и науки Украины  
Луганский национальный педагогический  
университет имени Тараса Шевченко  
Кафедра анатомии, физиологии человека  
и животных

Е. Д. Боярчук, А. А. Виноградов,  
В. И. Шейко, О. А. Виноградов

# АНАТОМИЯ, ФИЗИОЛОГИЯ И ПАТОЛОГИЯ ОРГАНА СЛУХА

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ  
(ПРОБНЫЙ ВАРИАНТ)

Луганск  
«Альма-матер»  
2007

**УДК 611. 85 (076)**  
**ББК 28. 706. 99р3**  
**Б 86**

**Р е ц е н з е н т ы:**

- И. А. Иванюра** – доктор биологических наук, профессор кафедры анатомии, физиологии человека и животных Луганского педагогического университета имени Тараса Шевченка.
- С. В. Вовк** – кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии Луганского национального педагогического университета имени Тараса Шевченка.

**Б 86 Боярчук Е. Д., Виноградов А. А., Шейко В. И., Виноградов О. А.** Анатомия, физиология и патология органа слуха : учебное пособие для студентов высших учебных заведений (пробный вариант). – Луганск : Альма-матер, 2007. – 89 с.

Данное пособие представляет собой обширный материал, в доступной форме рассматривающий особенности строения отделов органа слуха, современные представления о природе звука и теории звуковосприятия. Особое внимание уделяется классификации патологий слуха с рассмотрением причин и профилактики, восстановлению слуха у детей.

Учебное пособие адресуется студентам, изучающим дисциплины биологического направления, а также рекомендуется для подготовки педагогов-логопедов.

**УДК 611. 85 (076)**  
**ББК 28. 706. 99р3**

© Коллектив авторов, 2007  
© Альма-матер, 2007

# СОДЕРЖАНИЕ

|  |    |
|--|----|
| <b>ПРЕДИСЛОВИЕ</b> .....   | 5  |
| <b>ГЛАВА 1. СТРОЕНИЕ ОРГАНА СЛУХА</b> .....                                | 7  |
| НАРУЖНОЕ УХО .....   | 7  |
| СРЕДНЕЕ УХО .....  | 10 |
| ВНУТРЕННЕЕ УХО .....   | 13 |
| Костный лабиринт .....   | 13 |
| Перепончатый лабиринт .....  | 16 |
| Кортиев орган. ....  | 17 |
| ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО<br>КОНТРОЛЯ .....                             | 19 |
| <b>ГЛАВА 2. ФИЗИОЛОГИЯ СЛУХА</b> .....                                     | 21 |
| ФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗВУКОВЫХ<br>СИГНАЛОВ .....                       | 22 |
| ФИЗИОЛОГИЯ ОТДЕЛОВ ОРГАНА СЛУХА .....                                      | 26 |
| ТЕОРИИ ЗВУКОВОСПРИЯТИЯ .....   | 31 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ СЛУХА .....   | 35 |
| ФУНКЦИИ ОРГАНА СЛУХА У ДЕТЕЙ .....   | 40 |
| ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО<br>КОНТРОЛЯ .....                             | 43 |
| <b>ГЛАВА 3. ПАТОЛОГИЯ СЛУХА</b> .....                                      | 45 |
| ГЛУХОТА ПРОВОДИМОСТИ .....   | 48 |
| ГЛУХОТА ВОСПРИЯТИЯ .....   | 50 |
| ГЛУХОТА СМЕШАННАЯ .....  | 53 |
| ХАРАКТЕРИСТИКА ГЛУХОТЫ В ЗАВИСИМОСТИ<br>ОТ ЭТИОЛОГИИ ЗАБОЛЕВАНИЯ .....     | 54 |
| Глухота, обусловленная патологическими<br>изменениями в наружном ухе ..... | 54 |
| Глухота, обусловленная патологическими<br>изменениями в среднем ухе. ....  | 54 |
| Отосклероз. ....   | 57 |

|  |    |
|--|----|
| ГЛУХОТА ДЕТСКОГО ВОЗРАСТА . . . . .                | 60 |
| Наследственная глухота. . . . .                    | 60 |
| Врожденная глухота. . . . .                        | 61 |
| Приобретенная глухота. . . . .                     | 66 |
| ВОССТАНОВЛЕНИЕ СЛУХА У ДЕТЕЙ . . . . .             | 72 |
| ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО<br>КОНТРОЛЯ . . . . . | 79 |
| <b>ТЕСТЫ</b> . . . . .                             | 81 |
| <b>ЛИТЕРАТУРА</b> . . . . .                        | 87 |
| <b>ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ</b> . . . . .              | 89 |

# ПРЕДИСЛОВИЕ

Анатомия, физиология и патология органа слуха – ведущая дисциплина теоретической и практической подготовки студентов высших учебных заведений, будущих воспитателей, педагогов и логопедов.

В учебном пособии комплексное изучение функции с основами анатомии обеспечено последовательным изложением анатомических и физиологических сведений. Сначала представляется анатомическое строение органа слуха, затем излагаются функции основных структур органа слуха и их механизмы; после чего следует подробное описание возможных как врожденных, так и приобретенных морфофункциональных патологий органа слуха.

В современных условиях педагог-воспитатель, логопед должны владеть определенным объемом медико-биологических знаний. Они нужны в первую очередь для осуществления современного медико-педагогического подхода к проблемам воспитания и обучения. Для успешного осуществления этой цели раскрываются причины и механизмы возникновения патологий органа слуха у детей.

Основная цель настоящего учебного пособия – дать студентам глубокие систематизированные знания, навыки и умения. Знание основ анатомии, физиологии и патологии органа слуха дает возможность педагогам, воспитате-

ля́м и логопе́дам пользо́ваться нау́чно-обосно́ванны́ми гигиени́ческими рекоменда́ция-ми по органи́зации уче́бно-воспита́тельного про-цесса. Использо́ванные в посо́бии мате́риалы по́могут бу́дущим воспита́телям най́ти необхо́димые ме́ди́ко-педаго́гические подхо́ды к де́тям, у кото́рых е́сть дефе́кты слуха.

# ГЛАВА 1.

## СТРОЕНИЕ ОРГАНА СЛУХА

Слух является субъективным восприятием механической энергии колебаний воздуха. Восприятию данной формы энергии служит специальный орган слуха. Орган слуха располагается внутри улитки, которая находится в пирамиде височной кости. Орган слуха состоит из 3-х отделов: наружного, среднего и внутреннего уха.

### **НАРУЖНОЕ УХО**

К нему относится ушная раковина и наружный слуховой проход.

Ушная раковина представляет собой свободно выступающую на поверхности головы складку кожи, в основе которой лежит пластинка эластического хряща (рис. 1). Форма хряща в основном соответствует внешней форме ушной раковины. В области нижнего конца ушной раковины хрящ отсутствует и имеется хорошо развитый слой жировой клетчатки, образующий вместе с покрывающей ее кожей *мочку уха*. Свободный край ушной раковины, загибаясь в виде желобка, образует *завиток*. На верхнем крае раковины завиток несет непостоянный (так называемый дарвинов) *бугорок ушной раковины*. Вдоль края завитка располагается в виде желобка ямка – *ладья*, которая ограничена спереди

валиком *противозавитка*. Противозавиток идет вверх, загибаясь, делится на две *ножки*, между которыми имеется *треугольная ямка*. Наружное слуховое отверстие спереди ограничено небольшим выступом – *козелком*.

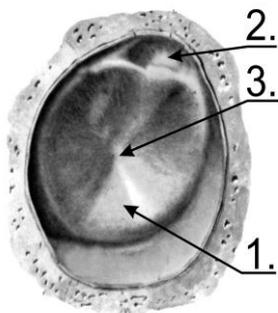


**Рис. 1. Ушная раковина**

Наружный слуховой проход является непосредственным продолжением ушной раковины, представляющий собой изогнутую трубку. Длина слухового прохода составляет 2,5 – 3,5 см. Внутренняя поверхность наружного слухового прохода выстлана кожей, особенностью которой является наличие сальных желез, а также желез, выделяющих ушную серу. Стенка наружного слухового прохода в начальном отделе (1/3) состоит из хряща и соединительной ткани, а на остальном протяжении (2/3) образована костной тканью височной кости.

На границе между наружным и средним ухом натянута барабанная перепонка (рис. 2). Барабанная перепонка представляет собой со-

единительнотканную пластинку, наклоненную вперед и вниз, овальной формы. Барабанная перепонка имеет толщину около 0,1 мм, диаметр 9 – 11 мм. Со стороны наружного слухового прохода барабанная перепонка покрыта кожей, а со стороны среднего уха – слизистой оболочкой. Большая часть барабанной перепонки более напряжена и называется *натянутой частью*. Вверху на небольшом протяжении барабанная перепонка менее напряжена, образуя *ненатянутую часть*. Наружная поверхность барабанной перепонки несколько вогнута внутрь среднего уха и имеет вид воронки, так как центральная часть фиксирована у рукоятки молоточка и называется *пупком барабанной перепонки*



1. Натянутая часть барабанной перепонки.
2. Ненатянутая часть барабанной перепонки.
3. Пупок барабанной перепонки.

**Рис. 2. Барабанная перепонка**

Перепонка обладает упругостью, оказывая сопротивление волне давления, которая распространяется через слуховой проход. Благодаря тому, что сопротивление барабанной перепонки является наименьшим при частоте 800 – 900 ко-

лебаний в секунду, и благодаря тому, что колебания барабанной перепонки очень быстро затухают, она является прекрасным передатчиком давления и почти не искажает форму звуковой волны.

### **СРЕДНЕЕ УХО**

В состав среднего уха входят барабанная полость, слуховые косточки и слуховая труба. Среднее ухо сообщается с носоглоткой посредством мышечнотрубного канала и с ячейками сосцевидного отростка.

*Барабанная полость* располагается в пирамиде височной кости, представляет собой щелевидную полость неправильной формы, емкостью в 0,75 мл. Она выстлана слизистой оболочкой, имеет 6 стенок и в ней располагаются слуховые косточки.

Стенки среднего уха:

- покрышковая (крыша барабанной полости) или верхняя,
- барабанная (образована барабанной перепонкой) – наружная,
- сосцевидная (граничит с сосцевидным отростком) – задняя,
- сонная (здесь находится внутреннее сонное отверстие) – передняя,
- яремная (соответствует яремной ямке) – нижняя,

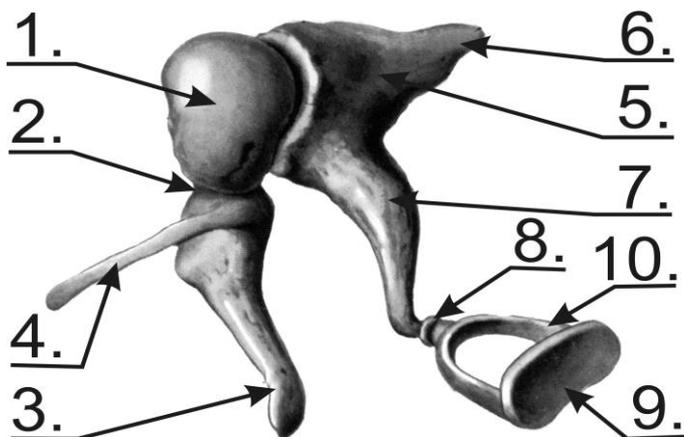
– лабиринтная (часть костного лабиринта внутреннего уха, на ней находится два отверстия: круглое и овальное) – внутренняя.

*Слуховая труба* соединяет полость глотки с полостью среднего уха. Она начинается на боковой стенке глотки *глоточным отверстием* слуховой трубы. При акте глотания глоточное отверстие открывается, что ведет к выравниванию давления в среднем ухе с наружным атмосферным давлением. Это обеспечивает одинаковое давление воздуха по обе стороны барабанной перепонки.

Слуховая труба имеет длину 3,5 – 4,0 см, а диаметр – 2 мм. В ней различают две части: *хрящевую* – большую, занимающую 2/3 трубы и *костную* – меньшую, занимающую 1/3 трубы. Хрящевая часть трубы образована гиалиновым хрящом и имеет форму желоба. С нижней стороны хрящ отсутствует, а вместо него имеется фиброзная ткань, образующая перепончатую пластинку. В области глоточного отверстия трубы ширина хрящевой части составляет 1 см, а толщина – 2,5 мм. На границе перехода хрящевой части в костную полость трубы суживается. Просвет костной части постепенно расширяется в сторону барабанной полости. Костная часть слуховой трубы имеет просвет трехгранной формы, ее стенки образованы костной тканью пирамиды височной кости. Внутренняя поверхность слуховой трубы выстлана слизистой оболочкой.

*Слуховые косточки.* Внутри барабанной полости находится цепь, состоящая из трех кос-

точек: молоточка, наковальни и стремечка (рис. 3). Косточки соединяются между собой подвижно. Между головкой молоточка и наковальни находится сустав. Наковальня и стремечко соединяются с помощью синхондроза.



- |                        |                        |
|------------------------|------------------------|
| 1. Головка молоточка.  | 6. Короткая ножка.     |
| 2. Шейка молоточка.    | 7. Длинная ножка       |
| 3. Рукоятка молоточка. | 8. Головка стремени.   |
| 4. Отросток.           | 9. Основание стремени. |
| 5. Тело наковальни.    | 10. Ножки стремени.    |

**Рис. 3. Слуховые косточки**

Молоточек непосредственно срастается с барабанной перепонкой при помощи нижнего конца рукоятки. Различают *головку молоточка, шейку молоточка, рукоятку молоточка* и отростки. Наковальня имеет *тело, длинную и короткую ножки*. Стремя состоит из *головки стремени, основания стремени, передней и задней но-*

жек. Основание стремени при помощи соединительной ткани закрывает овальное отверстие.

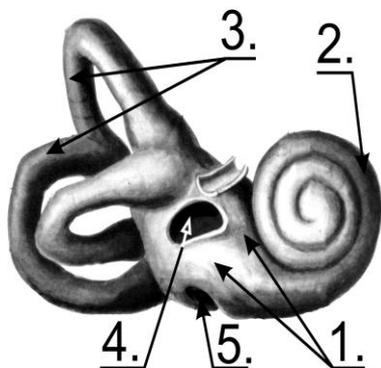
### **ВНУТРЕННЕЕ УХО**

Лежит в пирамиде височной кости и состоит из двух частей: наружного костного лабиринта и внутреннего перепончатого лабиринта.

Перепончатый лабиринт располагается внутри костного и повторяет его очертания. Между костным и перепончатым лабиринтами находится жидкость – перилимфа, которая оттекает в подпаутинное пространство. Внутри перепончатого лабиринта находится эндолимфа.

**Костный лабиринт** (рис. 4) состоит из 3-х частей:

- 1) средней – *преддверия*;
- 2) передней – *улитки*;
- 3) задней – *три полукружных канала*.



1. Преддверие.
2. Улитка.
3. Полукружные каналы.
4. Овальное отверстие.
5. Круглое отверстие.

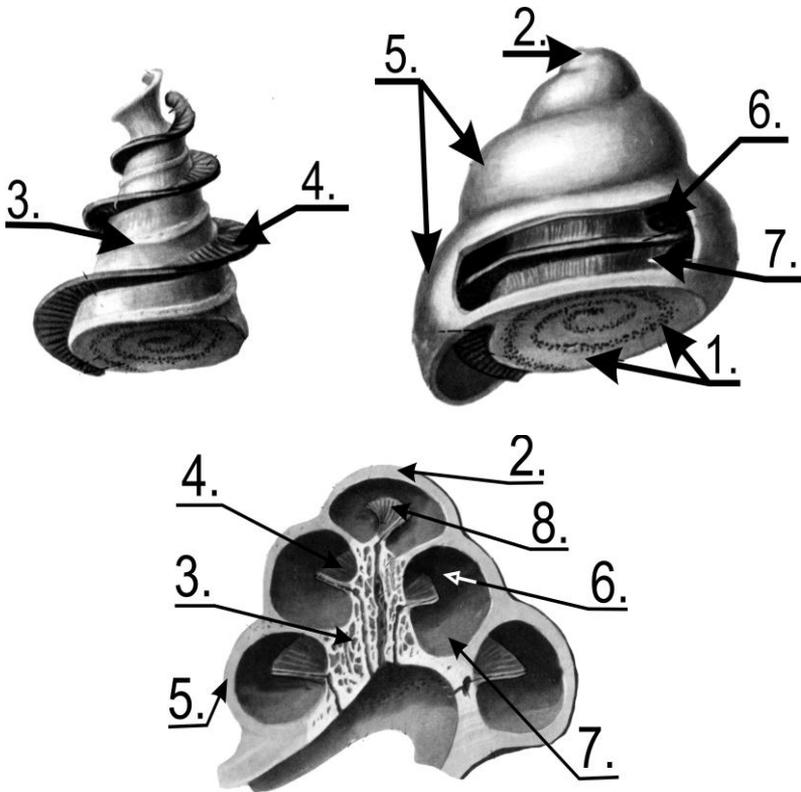
**Рис. 4. Наружный костный лабиринт**

Преддверие представляет собой полость овальной формы, располагается между барабанной полостью и внутренним слуховым проходом. На наружной стенке преддверия, обращенной к барабанной полости, располагаются – *овальное окно*, прикрытое основанием стремени, и *круглое окно*, закрытое так называемой вторичной барабанной перепонкой.

Три полукружных канала лежат в трех взаимно перпендикулярных плоскостях. Костные полукружные каналы имеют вид дугообразно изогнутых трубок. В каждом полукружном канале различают две *костные ножки*: одна расширенная – *ампулярная*, другая нерасширенная – *простая*.

Костная улитка имеет коническую форму (рис. 5). Различают *основание* улитки, имеющее ширину 7 – 9 мм, и *купол* улитки. Расстояние от основания до купола составляет 4 – 5 мм.

В центре костной улитки располагается *стержень*, который состоит из губчатой костной ткани. Верхушка стержня не доходит до купола улитки. Вокруг него располагается *костная спиральная пластинка*, которая делает 2,5 оборота. Спиральная пластинка, поднимаясь к куполу улитки, заканчивается изогнутым краем. Стержень и костная спиральная пластинка закрываются костным каналом улитки, который прикрепляется к стержню, спирально загибается и образует 2,5 витка, поэтому его называют *спиральным каналом улитки*. Спиральный канал улитки имеет длину 28 – 30 мм и слепо заканчивается в области верхушки пирамиды.



1. Основание улитки.
2. Купол улитки.
3. Стержень улитки.
4. Костная спиральная пластинка.
5. Спиральный канал улитки.
6. Лестница преддверия.
7. Барабанная лестница.
8. Крючок спиральной пластинки.

**Рис. 5. Строение костной улитки**

Диаметр просвета канала в начальном отделе широкий – 6 мм, у купола улитки суживается до 2 мм. Костная спиральная пластинка, находясь в центре костного канала, делит полость спирального канала на две части: верхнюю, называемую *лестницей преддверия*, и нижнюю, называемую *барабанной лестницей*. Лестница преддверия начинается овальным окном, поднимается по верхней поверхности спиральной пластинки до купола улитки, где в области *крючка спиральной пластинки* переходит в барабанную лестницу. Барабанная лестница идет по нижней поверхности спиральной пластинки до основания улитки, где сообщается с круглым окном, затянутым так называемой вторичной барабанной перепонкой. Таким образом, барабанная лестница и лестница преддверия сообщаются на куполе улитки.

Внутри стержня находятся щели (каналы), в которых располагаются нервные биполярные клетки (I нейроны слухового анализатора).

**Перепончатый лабиринт** имеет те же части, что и костный. Перепончатая улитка является местом распределения периферических аппаратов улиткового нерва. Она относится к органу слуха и образует *спиральный орган*. Перепончатая улитка располагается внутри спирального канала костной улитки и также образует 2,5 оборота. Представляет собой канал треугольной формы. У перепончатого канала улитки выделяют 3 стенки:

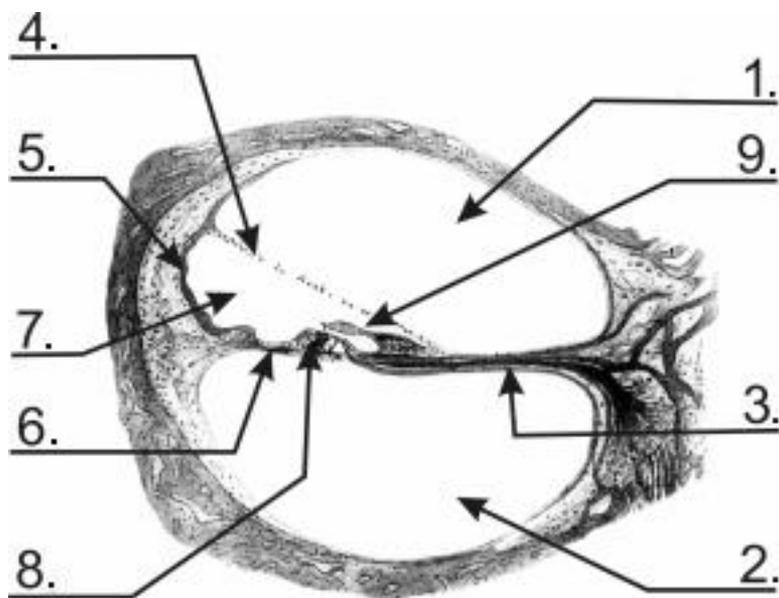
1) верхняя – *преддверная или вестибулярная мембрана*, смотрит в полость лестницы преддверия;

2) нижняя – *основная мембрана*, смотрит в полость барабанной лестницы, она является как бы продолжением костной спиральной пластинки.

3) наружная – прилегает к костной улитке (костному каналу).

**Кортиев орган.** На основной мембране располагается *кортиев, или спиральный, орган* (рис. 6). Это периферическая часть слухового анализатора. Он включает два типа рецепторных клеток: один ряд внутренних и три-четыре ряда наружных волосковых клеток.

Каждая рецепторная клетка увенчана пучком стереоцилий. Стереоцилии прикрепляются к нижней поверхности покровной мембраны. Волосковые клетки располагаются на опорных клетках, которые подразделяются на клетки-столбы, клетки Хензена, наружные поддерживающие (Клаудиса) и наружные фаланговые (Дейтерса). В кортиевом органе 24000 таких клеток, которые тянутся рядами вдоль завитков улитки по всей ее длине. Каждая нейроэпителиальная клетка одним концом фиксирована на основной мембране, второй ее полюс находится в полости перепончатого канала. На конце полюса нейроэпителиальной клетки находятся волоски, от 30 до 120 у каждой клетки, которые омываются эндолимфой. Волоски контактируют с подвижной *покровной мембраной*,



1. Лестница преддверия.
2. Барабанная лестница.
3. Спиральная пластинка.
4. Преддверная (вестибулярная) мембрана.
5. Наружная стенка перепончатого канала.
6. Основная мембрана (базиллярная пластинка).
7. Перепончатый лабиринт.
8. Волосковые клетки.
9. Покровная мембрана.

**Рис. 6. Кортиев орган**

расположенной над волосковыми клетками; один ее край свободный, другой – прикреплен к основной мембране. *Основная мембрана* не одинакова по ширине: у человека вблизи окна

преддверия ее ширина составляет 0,04 мм, а затем, постепенно расширяясь, по направлению к куполу улитки, она достигает в конце 0,5 мм. Следовательно, основная мембрана расширяется там, где улитка сужается.

К каждой клетке подходит дендрит биполярной клетки и образует синапс. Аксон биполярной клетки образует слуховой нерв.

Звуковые волны, попадая в наружное ухо, ударяют по барабанной перепонке. Это колебание приводит в движение слуховые косточки. С основания стремечка колебание передается на перилимфу лестницы преддверья, а на верхушке улитки – на перилимфу барабанной лестницы. Волна колебаний доходит до круглого отверстия, закрытого вторичной барабанной перепонкой, ударяется и откатывается назад. Колеблется основная мембрана. Волосковые клетки соприкасаются с покровной мембраной, происходит механическое раздражение, что вызывает возбуждение, которое по дендритам передается к телу 1 нейрона.

### **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ**

1. Строение ушной раковины.
2. Строение наружного слухового прохода.
3. Строение барабанной перепонки.
4. Строение барабанной полости.
5. Строение слуховой трубы.
6. Слуховые косточки.

7. Строение молоточка.
8. Строение наковальни.
9. Строение стремечка.
10. Строение внутреннего уха.
11. Строение костного лабиринта.
12. Строение преддверия.
13. Строение полукружных каналов.
14. Строение костной улитки.
15. Строение перепончатого лабиринта.
16. Строение кортиева органа.
17. Классификация нейроэпителиальных клеток.
18. Соединения слуховых косточек.
19. Мышцы среднего уха.

## ГЛАВА 2. ФИЗИОЛОГИЯ СЛУХА

Слух представляет собой функцию организма, которая неразрывно связана по своему происхождению со звуком. Как физическое явление звук есть колебательное движение частиц упругой среды, распространяющееся в виде волн в газах, жидкостях и твердых телах.

Звуковые волны, не будучи носителем значительной мощности и давления, возникают, однако, во множестве случаев одновременно с другими механическими явлениями, обладающими громадной энергией, способной нарушить или полностью разрушить целостность живого организма. Свойство звуковых волн определило в процессе эволюции животного мира появление специальных органов, способных реагировать на механические колебания. Развитие и совершенствование этих органов привело к возникновению специализированного приемника звуковых волн – *органа слуха*. Именно благодаря расширению возможностей восприятия колебательных процессов, сигнализирующих об опасности, существенно увеличились шансы на выживание. Постепенно звуки стали оцениваться не только как сигналы об опасности, но и как сигналы общения между особями одного и разных биологических видов.

Звукопроводящий аппарат человека – это совершенная механическая система, способная

отвечать на минимальные колебания воздуха, проводить их к звуковоспринимающей системе, где осуществляется первичный анализ звуковой волны. Основной путь доставки звуков к улитке – воздушный. При этом первоначальные колебания барабанной перепонки передаются слуховым косточкам и далее – окну преддверия. Одновременно возникающие колебания воздуха барабанной полостью распространяются на вторичную барабанную перепонку окна улитки. Поскольку давление на окно преддверия превышает давление на окно улитки, то основание стремени в фазе сгущения звуковой волны вдавливается внутрь преддверия лабиринта, а вторичная барабанная перепонка окна улитки выпячивается в сторону барабанной полости. Второй путь доставки звуков к улитке – костный. В этом случае звуковая волна непосредственно действует на кости черепа.

### **ФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗВУКОВЫХ СИГНАЛОВ**

Звуки и шумы состоят из простых тонов, которые называются *составляющими частотами*. В музыке они определяются как аликвоты, а в фонетике их называют *формантами*.

В *гласных* составляющие частоты представляют собой кратные числа по отношению к самому низкому тону, и, следовательно, они выше, чем основной тон. Составляющие тоны являются гармоническими по отношению к самому низкому тону.

*Глухие согласные* относятся к шумам, т.к. составляющие тоны, участвующие в их образовании не являются гармоническими по отношению к самому низкому тону.

*Звонкие согласные* частично являются шумами, т.к. кроме гармонических тонов в их состав входят и негармонические частоты.

*Частота звука* измеряется количеством полных колебаний (циклов) в секунду – цикл/сек. Эту единицу называют также *герцем* – Гц. Частота обратно пропорциональна продолжительности периода колебания.

В акустике все колебания подразделяются на три категории: 1) *дозвуковые колебания*, или *инфразвуки* с частотами меньше 20 Гц; 2) *звуковые*, или *собственно звуки* с частотами от 20 до 20000 Гц (20 кГц); 3) *сверхзвуковые*, или *ультразвуки* с частотами выше 20 кГц. Указанное подразделение колебательных процессов связано только с физиологическими особенностями человеческого органа слуха воспринимать колебания именно звуковых частот. Область слухового восприятия включает приблизительно  $10^{1/2}$  октав. *Высота звука* определяется частотой колебаний первого гармонического тона, т.е. самого низкого тона. Способность к восприятию высоких тонов зависит от возраста человека. После 50-ти лет верхняя граница области слухового восприятия начинает опускаться, примерно до 5000 Гц. С точки зрения физики, колебания, например, в 5 Гц или в 50 кГц ничем специфическим не отличаются от колебаний в 20 Гц или 20 кГц.

*Порог слышимости звуков* – это минимальное различие в высоте двух звуков, которое может быть воспринято человеческим ухом. Слуховой аппарат человека наиболее чувствителен к звукам с частотой колебаний от 1000 до 3000 Гц. Диапазон слухового восприятия у животных гораздо шире. Например, собаки могут слышать высокие звуки частотой до 50000 Гц.

*Скорость распространения звука* зависит от упругих свойств среды, в которой распространяется звуковая волна, и в меньшей степени от температуры и некоторых других факторов. Например, скорость звука в воздухе при температуре 18 С равна примерно 340 м/с, а в морской воде при 0 °С – 1550 м/с. Таким образом, в воде акустическое сопротивление гораздо больше, чем в воздухе, и скорость звука также значительно выше.

*Интенсивность*, или *сила звука* представляет собой энергию, переносимую звуковой волной через единицу площади в единицу времени. Однако прямо измерение интенсивности связано с определенными трудностями, и при решении практических задач в качестве измеряемого параметра звукового поля обычно выбирают звуковое давление.

*Звуковое давление* характеризует силу, действующую на площадь, расположенную перпендикулярно движению частиц. Звуковое давление измеряется в *барах*. Бар – это давление, равное 0,987 атмосферы.

Минимальное давление звука, которое способно воспринимать человеческое ухо, составля-

ет  $2 \times 10^{-5}$  Н/м<sup>2</sup> или бар. Уровень звука при разговоре составляет примерно 0,1 Н/м<sup>2</sup>, а звук, вызывающий болевое ощущение, соответствуя давлению 30 Н/м<sup>2</sup>. В акустике пользуются значительно меньшей единицей измерения – микробаром (мкб).

Вместо абсолютных значений звукового давления часто используют понятие *уровня звукового давления* ( $L$ ). Его выражают в децибелах (дБ) следующим образом:  $L = 20 \lg(P/P_0)$ , где  $P$  – среднее квадратичное значение звукового давления;  $P_0$  – порог слышимости человека равный  $2 \times 10^{-5}$  Н/м<sup>2</sup> (относительный нуль).

Децибелы – логарифмические единицы, их применение делает возможным сравнение двух уровней звукового давления без знания абсолютных значений каждого из них. Повышение интенсивности в 10, 100, 1000, 10 000 раз относительно пороговой составляет соответственно 10, 20, 30, 40 дБ.

Абсолютной единицей измерения интенсивности звуковой волны является – *фон*. *Нулевой фон* – это тон с частотой 1000 Гц и пороговой слышимостью  $2 \times 10^{-4}$  мкб.

Громкость простого тона зависит и от интенсивности и от высоты колебаний. Громкость двух тонов, имеющих одинаковую интенсивность и разную частоту, может быть различной. Громкость является субъективным ощущением, поэтому она определяется по отношению к громкости тона с частотой 1000 Гц. Этот тон называется *тоном сравнения*. Единица измерения

громкости называется *соном*; 1 сон соответствует 40 фонам.

Тембр звука зависит от частот тонов. Для правильной передачи речи необходим диапазон частот от 100 до 8000 Гц при интенсивности около 40 дБ. Для передачи музыки требуется более широкий диапазон – от 40 до 14000 Гц при интенсивности около 70 дБ.

Шум и грохот представляют собой хаотические колебания, отличающиеся видом и интенсивностью. *Шум* состоит из большого количества тонов, частоты которых незначительно отличаются друг от друга, а амплитуда колебаний имеет одинаковую величину. Натуральные шумы – это шум моря, шелест листьев, шелест переворачиваемых страниц и т.п. Если в состав шума входят лишь слышимые частоты, то такой шум называют «белым».

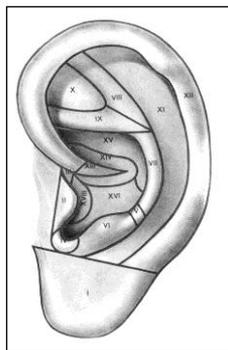
*Грохот* характеризуется большой интенсивностью и состоит из простых тонов, отдельные группы которых усилены. К грохотам относят уличный грохот, грохот машин, удары молотка и т.д. Шум и грохот мешают пониманию речи и отрицательно действуют на кортиеv орган, вызывая так называемые акустические травмы.

## **ФИЗИОЛОГИЯ ОТДЕЛОВ ОРГАНА СЛУХА**

*Ушная раковина* служит коллектором звуковых волн и определителем направления источника звука. Слуховой проход является не только проводником звуков, но и резонатором в диапа-

зоне речевых частот от 2000 до 2500 Гц. Звук усиливается на эти частоты от 5 до 10 дБ.

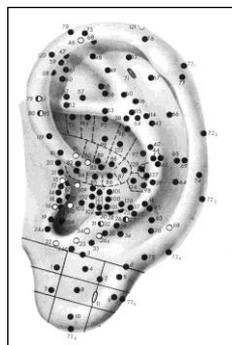
В 1969 г. Р. Nogier выдвинул гипотезу, согласно которой ухо напоминает по своему виду эмбрион, находящийся в утробе матери (рис. 7). Причем тело человека проецируется на ушной раковине так же, как проецируется на коре головного мозга.



**Рисунок 7**

Воздействием на определенные проекционные зоны ушной раковины можно вызвать направленные рефлекторные реакции, которые оказывают терапевтический эффект при заболевании внутренних органов, нормализуют измененные функции нервной системы, воздействуют на психоэмоциональную сферу.

Точки на ушной раковине расположены строго закономерно. Название точек дается в соответствии с их связью или влиянием на определенный внутренний орган или функцию органа. Например, существуют точки сердца, печени, точка астмы, точка, регулирующая дыхание, точка, снижающая артериальное давление (рис. 8).



**Рисунок 8**

Точка на наружном ухе – небольшой участок кожи, имеющий определенные физические и физиологические характеристики. Измерения электросопротивления

кожи показывают, что область точки приблизительно составляет 0,2 мм.

Поэтому массаж ушной раковины можно использовать при закаливании. Массаж ушной раковины нужно проводить не менее 2 – 3 раз в день. Начинать массаж ушной раковины необходимо с поглаживания сверху вниз. Затем переходят к легкому разминанию щипцеобразным методом: ушная раковина захватывается с обеих сторон подушечками первого третьего и четвертого пальцев и разминается между ними. После этого переходят к приемам массажа определенных точек и зон.

*Среднее ухо* представляет собой трехкосточковую звукопередающую систему, включая *молоточек, наковальню и стремя*, связанные с одной стороны с *барабанной перепонкой*, а с другой – с *окном преддверия* (овальным окном) внутреннего уха. Полость среднего уха заполнена воздухом. *Слуховые косточки* выполняют двоякую роль.

Их первая функция состоит в том, что они образуют систему рычагов, с помощью которых улучшается передача энергии колебаний из воздушной среды слухового прохода к перилимфе внутреннего уха. Благодаря тому, что площадь основания стремени, укрепленного в окне преддверия, значительно меньше площади барабанной перепонки, а также благодаря специальному способу сочленения косточек, действующих наподобие рычагов, давление на мембране овального окна оказывается примерно в 20 раз большим, чем на барабанной перепонке. Этот меха-

низм увеличения давления является чрезвычайно целесообразным приспособлением, направленным на обеспечение эффективной передачи акустической энергии из воздушной среды в жидкую.

Вторая функция заключается в способности системы косточек изменять характер движения при больших интенсивностях звука. Когда звуковое давление приближается к величинам порядка 120 дБ (над порогом слышимости), человек начинает ощущать покалывание в ушах. При таких интенсивностях звукового стимула существенно меняется характер движения косточек, что резко снижает функцию среднего уха.

В среднем ухе есть также специальный механизм, предохраняющий слуховой рецепторный аппарат от длительных звуковых перегрузок. Достигается это сокращением мышц среднего уха, которых две: *мышца, напрягающая барабанную перепонку*, и *стременная мышца*. Рефлекторное сокращение этих мышц при действии звука большой интенсивности приводит к уменьшению амплитуды колебания барабанной перепонки, косточек среднего уха, соответственно, к уменьшению звукового давления, передаваемого улитке.

Роль барабанной перепонки и слуховых косточек сводится к трансформации воздушных колебаний большой амплитуды и относительно малой силы через овальное окно в колебания ушной лимфы с относительно малой амплитудой, но большим давлением. Это связано с тем, что площадь подножной пластинки стремени (3 мм<sup>2</sup>)

примерно в 20 – 25 раз меньше площади барабанной перепонки, и вся энергия, падающая на барабанную перепонку, концентрируется на меньшей поверхности основания стремени. К тому же благодаря рычажному механизму функционирования слуховых косточек сила, передаваемая на перилимфу, увеличивается еще примерно в 2 раза. Поэтому коэффициент трансформации, по новейшим данным, равен 20 – 25, так как только часть барабанной перепонки активно участвует в колебаниях.

Таким образом, слуховые косточки в нормальных условиях усиливают доставку звуков к окну преддверия, а при чрезмерно сильных звуках осуществляют защитную функцию с помощью слуховых мышц, прикрепляющихся к косточкам. Кроме этого, слуховые косточки выполняют аккомодационную функцию, обеспечивая наиболее выгодное натяжение отдельных элементов звукопроводящей системы среднего уха. Одно из важных условий нормальной передачи звуков – отсутствие разности в давлении по обе стороны барабанной перепонки, что обеспечивается вентиляционной способностью слуховой трубы.

*Внутреннее ухо.* Звуковые волны, попадая в наружное ухо, ударяют по барабанной перепонке. Это колебание приводит в движение слуховые косточки. С основания стремечка колебание передается на перилимфу лестницы преддверья, а на верхушке улитки – на перилимфу барабанной лестницы. Волна колебаний доходит до круглого отверстия, закрытого вторичной ба-

рабанной перепонкой, ударяется и откатывает назад. Колеблется основная мембрана. Волосковые клетки соприкасаются с покровной мембраной, происходит механическое раздражение, что вызывает возбуждение, которое по дендритам передается к телу 1 нейрона.

В базальной части спирального органа располагаются рецепторные клетки, воспринимающие более высокие частоты, а в апикальной части (на вершине улитки) – клетки, воспринимающие только низкие частоты. Такой пространственный способ анализа частоты получил название *принципа места*. Однако представления о механизме, на котором основан такой способ кодирования, последние сто лет претерпели существенные изменения.

## **ТЕОРИИ ЗВУКОВОСПРИЯТИЯ**

Еще в 1863 г. Г. Гельмгольц сформулировал **резонансную теорию слуха**, согласно которой разные частоты кодируются своим точным положением вдоль базилярной пластинки. Базилярная пластинка может действовать как набор поперечно натянутых эластичных резонирующих полос, подобных струнам рояля. Самые короткие из них в узкой части близ основания улитки резонируют в ответ на высокие частоты, а те, что лежат ближе к куполу, в расширенной части базилярной пластинки, – на самые низкие частоты. Эта теория основывалась на том, что базилярная пластинка натянута по ширине и механическая связь по ее длине отсутствует, т. е. колебание

одной части мембраны не должно передаваться соседним участкам.

Однако эти исходные предпосылки были опровергнуты в 50 – 60-е гг. XX столетия Д. Бекеши. Им прежде всего было доказано, что базиллярная пластинка не натянута в поперечном направлении и что она имеет механическую связь по всей длине. Поэтому он предложил свою новую теорию, которую обычно называют **теорией бегущей волны**. Бекеши установил, что базиллярная мембрана жестче всего у основания улитки, т.е. там, где она уже. По направлению к куполу ее жесткость постепенно уменьшается. При колебаниях мембраны волны «бегут» от ее основания к куполу. Градиент жесткости мембраны заставляет волны двигаться от окна преддверия и никогда в обратном направлении. Высокочастотные колебания продвигаются по базиллярной пластинке лишь на короткое расстояние, а длинные низкочастотные волны распространяются довольно далеко. Первая, самая жесткая часть базиллярной пластинки служит высокочастотным фильтром.

Таким образом, энергия коротковолновых колебаний рассеивается, шунтируется, так что они затухают недалеко от основания, тогда как длинные волны проходят весь путь до вершины.

Бегущая волна имеет наибольшую амплитуду на строго определенном участке мембраны в зависимости от частоты. И хотя сама волна движется, ее огибающая для данной частоты стационарна. Смещения пиков для высоких час-

тот направлены к основанию, а для низких частот – к куполу улитки.

Электрические явления в улитке, регистрируемые в ее средах при отсутствии звукового раздражения и возникающие при действии звукового стимула, можно подразделить на две группы. В первую входит *постоянный эндолимфатический потенциал*. Хотя он регистрируется при отсутствии звука, обнаружены его существенные изменения при колебаниях основной мембраны (базиллярной пластинки). Наличие эндолимфатического потенциала обеспечивает высокую поляризованность структур улитки, что приводит к высокой чувствительности механизма преобразования механической энергии в процесс возбуждения рецепторов.

Вторую группу электрических явлений, возникающих в улитке при действии звука, составляют микрофонный и суммационный потенциалы. *Микрофонный потенциал* впервые был обнаружен в спиральном органе кошки, а затем в органах слуха других млекопитающих. Он повторяет в ряде случаев форму звуковой волны. Амплитуда микрофонного потенциала наиболее велика в тех участках улитки, которым соответствует максимум колебаний базиллярной пластинки при данной частоте тона. С помощью внутриклеточного отведения была зарегистрирована активность одиночной волосковой клетки. Она показала довольно острую настройку на характеристическую частоту.

В отличие от микрофонного потенциала *суммационный потенциал* воспроизводит не

форму звуковой волны, а ее огибающую. Различают положительный и отрицательный суммационный потенциалы. Считают, что отрицательный суммационный потенциал связан с внутренними, а положительный и микрофонный – с наружными волосковыми клетками.

Заключительный этап деятельности улитки характеризуется возникновением *импульсации в волокнах слухового нерва*, иннервирующих рецепторные волосковые клетки. Характер этой иннервации достаточно сложен. Примерно 95 % сенсорных слуховых волокон связаны только с внутренними волосковыми клетками (у человека их всего 3500). Напротив, более многочисленные наружные волосковые клетки (у человека их более 20000) связаны только с немногочисленными сенсорными волокнами.

Таким образом, внутренние волосковые клетки обладают множественной иннервацией, которая, вероятно, обеспечивает большую надежность передачи, в отличие от разветвляющейся иннервации многих наружных клеток, которая связывает активацию волокна одной волосковой клетки с одновременной активностью соседних.

Полагают, что основной поток слуховых ответов идет через внутренние волосковые клетки, причем наружные клетки вносят определенный вклад в свойства сигналов.

Кроме афферентных волокон, несущих сенсорную информацию, к волосковым клеткам подходят также и эфферентные волокна. Они идут от клеток ядра верхней оливы в стволе моз-

га и образуют синаптические связи с волосковыми клетками. Стимуляция этих волокон вызывает угнетение ответов волосковых клеток. Возможно, эти волокна каким-то образом защищают волосковые клетки от чрезмерного раздражения, но в остальном их функции остаются неизвестными.

### **ИССЛЕДОВАНИЕ СЛУХА**

**Виды слуха.** Способность улавливать различие между звуками различной высоты и интервалов называется *релятивным слухом*. Им обладает большинство людей. Способность реагировать на высоту звуков возрастает у детей с возрастом и может значительно развиться благодаря занятиям музыкой. Способность оценивать длительность звука (чувство ритма), определять интенсивность и тембр звука называется *музыкальным слухом*. Немзыкальные люди, имеющие плохой музыкальный слух, реагируют значительно слабее на различия в высоте и интенсивности звуков.

Способность безошибочно определять высоту отдельного звука называется *абсолютным слухом*. Высшей формой абсолютного слуха является способность определять составные сложные звуки, аккорды.

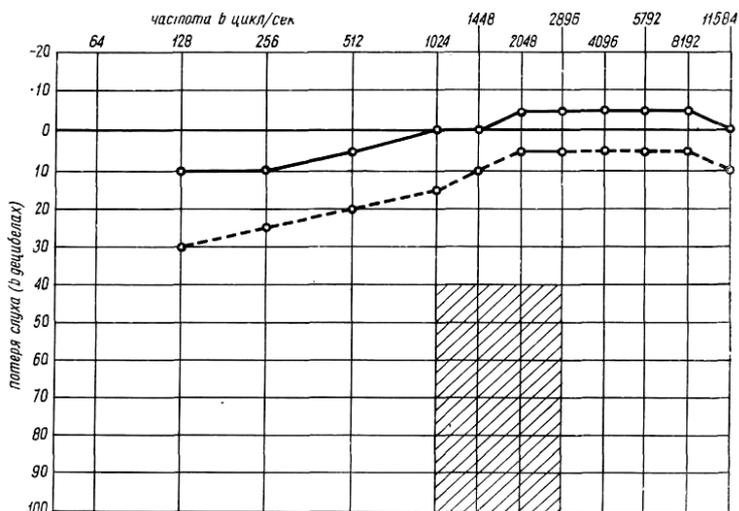
**Аудиометрия.** Аудиометрическое исследование слуха заключается в определении кривой порога слухового восприятия в зависимости от высоты и интенсивности сигнала. Аудиометрия дает возможность:

1) определить остроту слуха в пределах полного диапазона слухового восприятия человеческого уха;

2) иметь представление о соотношении между костной и воздушной звукопроводимостью;

3) оценить пункт физиологической повышенной чувствительности к звукам, который находится на высоте 2048 Гц.

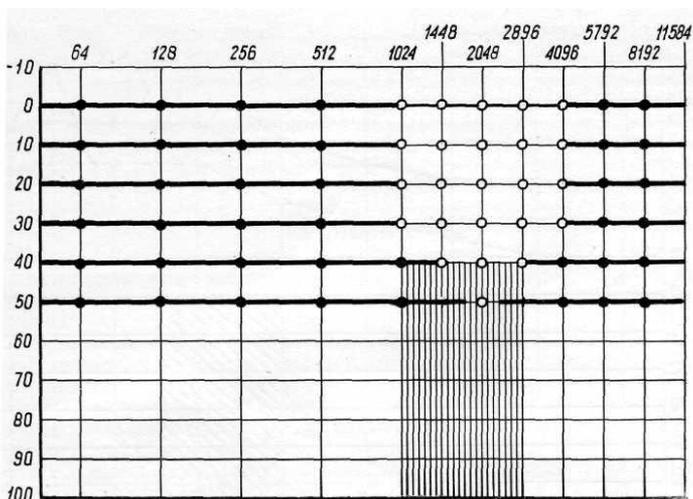
Результаты исследования слуха можно представить графически. Если на оси ординат будем откладывать уровень интенсивности тонов в дБ, а на оси абсцисс высоту этих тонов в Гц и потом соединим все точки показаний аудиометра, то получим кривую порога слухового восприятия – *аудиограмму*.



**Рис 9. Аудиограмма правого уха нормально слышащего человека**

На аудиограмме нормально слышащего человека (рис. 9) выделяют подъем кривой в пункте соответствующему звуку  $C^4$  (до четвертой октавы), который равен 2048 Гц. Это – место повышенной физиологической чувствительности.

Аудиометрическое исследование слуха можно производить при постоянной интенсивности раздражителя, изменяя лишь высоту тонов от 64 до 11584 Гц. Таким образом можно получить горизонтальный разрез поля слухового восприятия и установить его верхнюю и нижнюю границы для определенной интенсивности. При исследовании с помощью этого метода выявляется потеря слуха в виде островков глухоты – *скотоматов* (рис. 10).



**Рис 10. График, на котором представлена потеря слуха – островок глухоты (scotoma)**

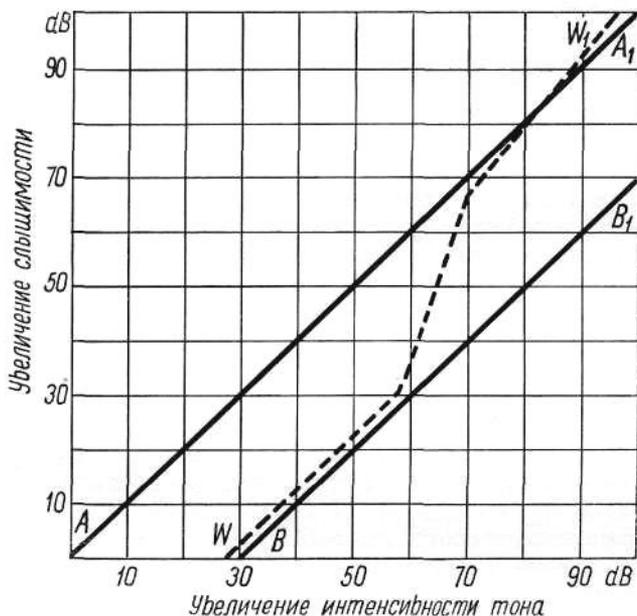
Для определения пороговой кривой слухового восприятия и проверки слуха используют метод выравнивания громкости.

*Феномен выравнивания громкости* заключается в следующем: если нормальное ухо воспринимает определенный слуховой раздражитель, интенсивность которого постепенно увеличивается, то степень слышимости равномерно возрастает; если сигнал усиливать, то слышимость его улучшается пропорционально усилению. На рис. 11 линия А – А1 отображает постепенное возрастание слышимости в зависимости от усиления сигнала у человека со здоровым слуховым аппаратом.

При повреждении проводящего отдела слухового аппарата по мере усиления сигнала равномерно также возрастает слышимость больным ухом. Например, порог восприятия больного уха находится на 30 дБ ниже по сравнению со здоровым, при усилении сигнала слышимость возрастает, но по отношению к здоровому уху будет оставаться на 30 дБ ниже (линия В – В1). В этом случае феномен выравнивания громкости отсутствует.

Если нарушение слуха является результатом изменений в воспринимающем отделе органа слуха, и разница по сравнению со здоровым ухом также составляет 30 дБ, то пропорциональное увеличение слышимости наблюдается только при низкой интенсивности звука. При усилении сигнала слышимость резко возрастает, а при 60 – 70 дБ больной слышит так же, как здоровый человек. Слуховое восприятие больно-

го уха становится таким же, каким характеризуется здоровое ухо, т.е. *выравнивается* с ним (линия  $W - W_1$ ).



**Рис. 11. Графическое изображение феномена выравнивания громкости**

Феномен выравнивания громкости является патогномичным для повреждения волосковых клеток кортиева органа и никогда не наблюдается при заболеваниях проводящего отдела.

## **ФУНКЦИИ ОРГАНА СЛУХА У ДЕТЕЙ**

У детей внутреннее ухо почти не растет, и его величина с возрастом мало изменяется. Ребенок воспринимает звуки еще на 32-й неделе утробной жизни. В последние месяцы утробной жизни он реагирует на сильные звуки движениями. Новорожденные при сильных звуках рефлекторно вздрагивают, у них сокращаются мимические мышцы. На 2 – 3 месяце они поворачивают голову и глаза в сторону звука и различают увеличение его силы и продолжительности.

При рождении ребенок плохо слышит (относительная глухота) вследствие особенностей строения уха. Наружный слуховой проход короткий и узкий, и в первое время расположен вертикально. У детей одного года наружный слуховой проход состоит из хрящевой ткани, и только в последующие годы основа наружного слухового прохода окостеневает. Барабанная перепонка толще, чем у взрослых, и расположена почти горизонтально.

Полость среднего уха заполнена амниотической жидкостью, что затрудняет колебания слуховых косточек. Постепенно эта жидкость рассасывается и вместо нее из носоглотки через слуховую (евстахиеву) трубу проникает воздух. Слуховая труба у детей шире и короче, чем у взрослых, что создает особые условия для попадания микробов, слизи и жидкости при срыгивании, рвоте, насморке в полость среднего уха.

Этим объясняется довольно частое воспаление у детей среднего уха – отит.

У новорожденных низкая слуховая чувствительность, которая к 7 – 8 дням жизни увеличивается настолько, что образуются условные рефлексы на звуковые раздражители. К концу 2-го и началу 3-го месяцев слух становится отчетливым. В первые 3 месяца дети реагируют миганием на громкий звук, старше 3 месяцев – миганием на речь. С 6 месяцев дети прислушиваются к звукам. Однако при рождении органы слуха еще не полностью сформированы. Стенки слухового канала окостеневают к 10 годам, а развитие органов слуха в целом заканчивается полностью только к 12 годам.

Различение звуков, при разнице между ними на 17 музыкальных тонов, обнаруживается у детей в 3,5 месяца; на 13 – 14 тонов – в 4,5 месяца; на 7 – 10 тонов – в конце 5-го месяца. Далее точность анализа звуков быстро возрастает. На 6-м месяце образуются дифференцировки в 3 – 5 тонов, на 6 – 7-м – в 1 – 2 тона. К 6 – 7 месяцам тонкость слуха ребенка почти соответствует норме взрослого человека.

Верхняя граница слуха у детей выше, чем у взрослых, и доходит до 22 тыс. Гц, а иногда даже до 32 тыс. Гц. Максимальная острота слуха в 14 – 19 лет определяется по наименьшей величине порогов слышимости; у детей 7 – 13 лет и у молодых людей старше 20 лет она ниже.

Временной порог слухового анализатора с возрастом уменьшается. В 8 – 10 лет он равен

12 – 15 мсек, в возрасте 25 лет – 3 – 5 мсек, т.е. в 3 – 5 раз меньше.

Слух на слова у детей ниже, чем на тоны, и ниже, чем у взрослых. В 6,5 – 9,5 лет порог слышимости для высокочастотных слов 17 – 24 дБ, а низкочастотных 19 – 24 дБ, у взрослых для низкочастотных слов – 7 – 10 дБ. При костном проведении звуков порог слышимости частот 10 – 12 тыс. Гц почти не изменяется с 7 до 39 лет. Верхняя граница костной проводимости наибольшая от 11 до 15 лет (больше 25 тыс. Гц), а у детей 6 – 10 лет она меньше (19 тыс. Гц).

Слух нарушается при резких колебаниях температуры окружающей среды, при чрезмерно сильных звуках. У некоторых детей бывает врожденная тугоухость. Повреждение барабанной перепонки, поражение среднего уха у детей после некоторых болезней (корь, скарлатина, грипп и др.) резко снижают слух, приводят к тугоухости, так как выключают его усиление в среднем ухе. Тяжелые нарушения слуха у детей раннего возраста вызывают антибиотики (стрептомицин и др.). Упражняют слух музыка, некоторые трудовые процессы и спортивные игры, производимые в определенном ритме, прислушивание к звукам в природе, например, к пению птиц.

## **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ**

1. Современные представления о слухе.
2. Понятие составляющей частоты, форманта.
3. Понятие порога слышимости звука.
4. Классификация звуковых колебаний.
5. Характеристика скорости распространения звука.
6. Характеристика силы звука.
7. Звуковое давление.
8. Понятие уровня звукового давления.
9. Что характеризует бар.
10. Относительный нуль.
11. Понятие фона звуковой волны.
12. Понятие тона сравнения, сона.
13. Характеристика шума и грохота.
14. Функции ушной раковины.
15. Функции слуховых косточек.
16. Функции мышц среднего уха.
17. Роль барабанной перепонки.
18. Передача звуковой волны во внутреннем ухе.
19. Принцип места.
20. Теория звуковосприятия Г. Гельмгольца.
21. Теория бегущей волны Д.Бекеша.
22. Что такое постоянный эндолимфатический потенциал.
23. Что такое микрофонный потенциал.
24. Что такое суммационный потенциал.
25. Характеристика импульсации в слуховом нерве.
26. Виды слуха.

27. Принцип аудиометрии.
28. Что такое скотоматы?
29. В чем суть феномена выравнивания громкости?
30. Возрастные изменения в наружном ухе.
31. Возрастные изменения в среднем ухе.
32. Возрастные изменения восприятия высоты звука.
33. Возрастные изменения остроты слуха.

## **ГЛАВА 3.**

# **ПАТОЛОГИЯ СЛУХА**

За последние годы во всем мире значительно возросло внимание к проблемам тератологии, в связи с тем, что по некоторым данным, частота аномалий развития значительно увеличилась.

Частота врожденных аномалий у детей, по мировой статистике, составляет в среднем более 2 %, а это означает, что каждый 30-й ребенок рождается с аномалиями. Однако эта цифра значительно увеличится, если учесть, что аномалии могут проявлять себя не только при рождении, но и в последующем, по мере развития ребенка. По данным ВОЗ, например, до 75 % детей рождается с явными признаками аномалий развития, которые обнаруживаются уже при рождении.

Установлено, что у детей, родившихся от матери старше 40 лет, аномалии отмечаются чаще, поскольку чем старше возраст женщин, тем больший объем вредных воздействий внешней среды (физических, химических, биологических) ее организм получил. Аномалии развития у детей, родители которых также имеют аномалии развития, встречаются в 15 раз чаще, чем у детей, родившихся от здоровых родителей. Конечный эффект воздействия внешней среды на организм сводится к возникновению следующих явлений: физиологических, модифицирующих и повреждающих. Конечный эффект влияния на

зародыш того или иного агента внешней среды зависит в данном случае от его дозы, а также от стадии развития зародыша в момент соприкосновения с агентом.

В то же время, повреждающее действие факторов внешней среды на развивающийся зародыш лишено какой-либо специфичности, т.е. одни и те же уродства и аномалии развития могут быть вызваны агентами с совершенно различным механизмом действия. Объяснить это явление можно с точки зрения теории критических периодов развития. В процессе эмбрионального развития плод человека и животных проходит несколько этапов, каждый из которых начинается особым периодом, названным *критическим периодом развития*. В современном понимании критический период – это обусловленная генетически и внешней средой интеграция процессов, регулирующих клеточный метаболизм, в результате чего наступает морфологический или функциональный сдвиг. Главным признаком критических периодов является повышение чувствительности клеток, как правило, вследствие временного снижения их репаративной деятельности. Таким образом, теория критических периодов может быть положена в основу объяснения действия среды на эмбриональное развитие, а также патогенез эмбриопатий, в том числе ушных.

Имеется много внутренних факторов, оказывающих тератогенное воздействие на организм. А из внешних физических факторов наибольшее тератогенное значение имеет ионизи-

рующая реакция. Установлено, что определенное тератогенное действие, оказывают ультрафиолетовые лучи, микроволны, ультразвук. Тератогенный эффект дают температурные воздействия, инфекционные агенты, химические факторы. Многочисленные исследования показали, по пороки развития могут возникать в результате применения в ранние сроки беременности больших доз таких широко распространенных лекарственных средств, как сульфаниламиды и барбитураты, тетрациклин, гормональные препараты и др.

**Глухота** – полная утрата (полная глухота) или наиболее резкая степень поражения слуха, при которой сохраняются остатки слуха, позволяющие воспринимать очень громкие неречевые звуки (свисток, гудок и т. д.) или хорошо знакомые слова, произнесенные громким голосом около уха (неполная глухота). Полная глухота встречается редко. Более значительные остатки слуха, позволяющие разборчиво воспринимать речь, говорят о наличии тугоухости.

Глухота бывает двусторонней или односторонней. Различают врожденную и приобретенную глухоту.

Широкое распространение получила классификация неполной глухоты по характеру нарушения функции (звукопроводения или звуковосприятия), имеющая практическое значение в определении метода и эффективности помощи.

Характер нарушений слуха зависит от места и степени повреждения слухового аппарата. Современная аудиология располагает определен-

ными критериями, дающими возможность определить причины возникновения этих нарушений.

Нарушения слуха могут возникать в связи с патологическими изменениями: звукопроводящего и звуковоспринимающего отделов. В зависимости от локализации патологического процесса в слуховом аппарате, существует еще и третий тип нарушений, а именно заболевания, связанные с нарушением функции как звукопроводящего, так и звуковоспринимающего отделов. Таким образом, принято различать глухоту (или тугоухость):

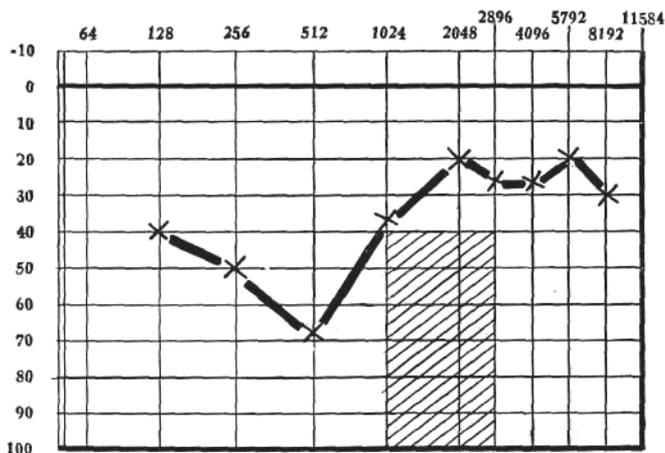
- 1) проводимости;
- 2) восприятия;
- 3) смешанную.

### ***ГЛУХОТА ПРОВОДИМОСТИ***

Глухота проводимости возникает, когда акустические колебания задерживаются, если на их пути возникает препятствие или увеличивается акустическое сопротивление среды. Такое явление можно наблюдать при наличии инородного тела или серной пробки в наружном слуховом проходе, при врожденном его заращении, при остром воспалении среднего уха, при неподвижности слуховых косточек (отосклероз), при повышении давления внутри лабиринта и т.д. В случаях глухоты проводимости понижается низкий регистр аудиометрической шкалы. Пороговая слышимость среднего и высокого регистра может быть на уровне физиологической нормы.

Костная проводимость при этом лучше, чем воздушная («отрицательный Ринне»). Поражение звукопроводящего отдела слухового аппарата проявляется в нарушении слухового восприятия низких частот и улучшении слухового восприятия высоких частот.

Низкие гласные **ы, у, о** больные слышат хуже, чем высокие **и, е, а**. Согласные, в состав которых входят низкие составляющие частоты: **б, м, в, д, г** и т.д., больные слышат хуже, чем согласные, характеризующиеся высокими составляющими частотами: **с, ж, ш, ч, ц**.



**Рис. 12. График воздушной звукопроводимости после левостороннего воспаления среднего уха**

Характерная для глухоты проводимости аудиометрическая кривая представлена на рис. 12. Слуховое восприятие низких тонов на-

рушено и составляет для 128 Гц – 40 дБ, для 256 Гц – 50 дБ, для 512 Гц – 65 дБ.

### **ГЛУХОТА ВОСПРИЯТИЯ**

Глухота восприятия возникает при повреждении кортиева органа и окончаний волокон улитковой ветви слухового нерва. Обычно отмечается значительная потеря слуха, а нередко и полная глухота. Слуховое восприятие высоких тонов очень ограничено или же полностью отсутствует, а так как составляющие частоты артикулированных звуков относятся к высокому регистру тональной шкалы, то слуховое восприятие звуков речи резко ухудшается или же вообще отсутствует. Это в основном относится к маленьким детям, у которых ассоциационные процессы артикулированной речи в высших центрах нервной системы еще не закреплены. В случаях врожденной глухоты сифилитического происхождения или связанной с дегенеративными процессами во внутреннем ухе поражение слухового аппарата часто бывает двухсторонним, хотя имеются, как правило, количественные различия между правой и левой стороной. Болезненный процесс часто бывает необратимым. Слуховое восприятие обычно ограничивается до трёх или четырёх тонов: 128, 256, 512 и иногда 1024 цикл/сек. Костная проводимость нарушается. Кривая костной проводимости лежит ниже кривой воздушной проводимости («положительный Ринне»), феномен выравнивания громкости является положительным и

патогномоничным для поражения кортиева органа.

При исследовании воздушной проводимости, а чаще костной, обнаруживаются островки глухоты (скотоматы). Этот симптом является патогномоничным для поражений кортиева органа. У детей иногда приходится наблюдать понижение слуха функционального характера (ex inactivitate) при заболеваниях, локализирующихся в звукопроводящем отделе слухового аппарата. Такого рода нарушения слуха поддаются специальному лечению.

Низкие гласные: **ы, у, о** больные слышат лучше, чем высокие – **и, э**.

Больные плохо слышат или же вообще не слышат согласных, характеризующихся высокими составляющими частотами (**с, з, ц, ш, ж, ч** и т.д.). Согласная **р** является лучше всего слышимой, по всей вероятности, благодаря ощущению вибрации, хуже всего больные слышат, кроме перечисленных выше, звук – **л**.

*Нарушения слуха, обусловленные патологическими изменениями в стволе преддверно-улиткового нерва.* Чрезвычайно трудно проанализировать нарушения слуха, обусловленные патологическими изменениями в преддверно-улитковом нерве, особенно в тех случаях, когда они связаны с патологическими изменениями в кортиевом органе или же заболеваниями, локализирующимися в области основания черепа. Воспаление преддверно-улиткового нерва наблюдается довольно-таки часто при различного рода инфекционных заболеваниях, и прежде

всего при гриппе. Возникающая при этом глухота по своему характеру напоминает глухоту, связанную с заболеванием звукопроводящего отдела, однако симптом выравнивания громкости при этом отсутствует, не наблюдается также островковое нарушение слуха, аудиограмма порогового слухового восприятия характеризуется падением кривой в области высоких частот, кривая костной проводимости лежит ниже кривой воздушной проводимости.

В случаях патологических изменений в преддверно-улитковом нерве благодаря лечению можно добиться значительного улучшения состояния, в то время как поражение кортиева органа является причиной стойких и необратимых изменений слуха.

*Глухота центрального происхождения.* Эта форма глухоты развивается при заболеваниях центральной нервной системы. Нарушения слуха при этом характеризуются следующими общими чертами:

- 1) они всегда двухсторонние;
- 2) снижение слышимости касается как низких, так и высоких тонов;
- 3) отсутствует феномен выравнивания громкости;
- 4) не удается обнаружить островковой потери слуха;
- 5) утрачивается способность различать высоту акустических раздражителей, их интенсивность, а также продолжительность (ритм), в связи с этим возникают речевые расстройства: мелодические, динамические и ритмические;

б) при довольно-таки большом остаточном слухе по отношению к простым тонам, а также звукам и шумам музыкальных инструментов отмечается значительное понижение слышимости артикулированных звуков, и в связи с этим становится трудным понимание разговорной речи; это относится, прежде всего, к нарушениям слуха коркового происхождения.

### **ГЛУХОТА СМЕШАННАЯ**

Этот тип глухоты встречается особенно часто. Смешанная глухота наблюдается чаще у детей, чем у взрослых. Заболевания звукопроводящего отдела приводят к дегенеративным изменениям в кортиевом органе. Нарушения слуха вначале имеют функциональный характер, однако с течением времени они закрепляются, приводя в конечном итоге к глухоте смешанного типа.

Ухудшается воздушная проводимость всех тонов, причём более резко выражено понижение пороговой слышимости высоких тонов. Может улучшаться костная проводимость низких тонов, однако по отношению к высоким тонам она резко снижена, а в некоторых случаях больные вообще не слышат высоких тонов через кость.

Одной из наиболее часто встречающихся форм смешанной глухоты, лучше всего изученной отологами и сравнительно легкой для диагностики, является та, при которой заболевание локализуется в кортиевом органе. Феномен выравнивания громкости при этом – положи-

тельный, а наличие стойких островков глухоты подтверждает диагноз.

Двухсторонняя смешанная глухота представляет собой самую тяжёлую форму увечья слухового аппарата. Нарушается слышимость артикулированных звуков, состоящих как из высоких, так и из низких формантов. В далеко зашедших случаях больные утрачивают способность понимать разговорную речь.

### **ХАРАКТЕРИСТИКА ГЛУХОТЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЭТИОЛОГИИ ЗАБОЛЕВАНИЯ**

**Глухота, обусловленная патологическими изменениями в наружном ухе.**

Патологические изменения в наружном ухе (воспалительные состояния, костные опухоли, серные пробки, инородные тела) вызывают глухоту проводимости. Врожденному заращению наружного слухового прохода при врожденных деформациях ушной раковины часто сопутствует не только деформация барабанной полости, но и недоразвитие внутреннего уха. В этих случаях глухота относится к смешанному типу.

**Глухота, обусловленная патологическими изменениями в среднем ухе.**

В фониатрической практике врачи часто встречаются с хроническими заболеваниями среднего уха, которые, особенно у детей в первые годы жизни, являются причиной серьёзных нарушений речи, вплоть до немоты.

Значительную роль в патологии слуха играет воспаление межкосточковых суставов, которое может привести к ограничению подвижности слуховых косточек и часто сопровождается нарушением функции внутреннего уха. Неподвижность цепи слуховых косточек отрицательно сказывается на проводимости низких тонов; осложнения со стороны внутреннего уха, которые могут иметь функциональный характер, обуславливают нарушение восприятия высоких тонов. Возникает чрезвычайно сложная картина смешанной глухоты, которую не всегда легко проанализировать.

Патологические процессы, протекающие в верхней части барабанной полости (epitympanon), особенно в заднем отделе, являются самым большим препятствием для акустических раздражителей и обуславливают гораздо большую потерю слуха, чем процессы, локализирующиеся в средней (mesotympanon), а также нижней части (hypotympanon) барабанной полости. Вследствие хронического воспаления среднего уха, сопровождающегося некрозом и деструкцией костной стенки барабанной полости и слуховых косточек, возникают очень глубокие нарушения слуха. Длительные поверхностные воспалительные процессы могут привести к развитию гипертрофических изменений в слизистой оболочке, что проявляется в образовании полипов, которые заполняют иногда весь просвет барабанной полости и даже наружный слуховой проход, что обуславливает дальнейшее углубление глухоты проводимости. Каждая форма

воспаления среднего уха может осложняться заболеваниями внутреннего уха. Глухота в таких случаях имеет смешанный характер, проводяще-воспринимающий.

Причинами перехода болезненного процесса на внутреннее ухо является:

1) деструкция кости и в особенности образование холестеатомы;

2) распространение инфекции по кровеносным сосудам;

3) поражение слуховых клеток кортиева органа («ex inactivitate»), вызванное понижением проводимости слуховых раздражителей в среднем ухе. Такого рода поражение вначале бывает функциональным, поддающимся лечению. Если же это поражение удерживается в течение длительного времени, то может привести к развитию стойкой глухоты; это относится к детям в первые годы жизни.

В случаях аллергических заболеваний воспалительный очаг в среднем ухе является источником аллергенов, которые обуславливают увеличение проницаемости сосудистых стенок лабиринта, и развивается водянка лабиринта. Возникает глухота проводимости.

Нарушение проходимости Евстахиевой трубы является первопричиной изменений в среднем ухе. Оно может возникнуть вследствие:

1) отека на аллергической почве. В связи с этим нарушается регуляция давления воздуха в барабанной полости, что в свою очередь ограничивает подвижность барабанной перепонки и слуховых косточек;

2) закупорки просвета жидкой пищей. Это происходит в случаях врожденных пороков развития неба, а также нарушения функции замыкающего глоточного кольца;

3) распространения воспалительного процесса из верхнего отдела глотки, что обуславливает сужение просвета Евстахиевых труб. Это, в свою очередь, препятствует нормальной регуляции воздуха в среднем ухе, а также оттоку отделяемого слизистой оболочки.

Степень поражения среднего уха в таких случаях бывает различной. Однако до кортиева органа доходят ослабленные звуковые сигналы, что в свою очередь оказывает тормозящее влияние на кору головного мозга. Задерживается умственное развитие ребенка и развитие речи. Отмечается также отрицательное влияние на психику.

**Отосклероз.** Отосклерозом называют патологический процесс, локализующийся преимущественно в лабиринтной стенке среднего уха около овального окна. Этот процесс распространяется на кольцевидную связку окна преддверья и подножную пластинку стремени, в результате чего стремя замуровывается. Классическая форма отосклероза характеризуется ограничением подвижности стремени, в некоторых же случаях отмечается и полная его неподвижность (ankylosis stapedis). Отосклероз не сопровождается развитием воспалительного процесса в среднем ухе; пневматизация сосцевидного отростка полностью сохраняется.

Отосклероз чаще отмечается у людей белой расы, реже – у представителей других рас. Это заболевание наблюдается у женщин чаще, чем у мужчин.

Согласно законам наследственности отосклероз может проявиться у представителей не только первой генерации. Случается и так, что представитель, характеризующийся нормальным фенотипом, является носителем фактора, обуславливающего развитие отосклероза, а, следовательно, имеет отосклеротический генотип. Его ребенок может быть глухим вследствие отосклероза. Отосклероз в 15 – 35 % случаев передается потомству.

Отосклероз характеризуется двухсторонним поражением внутреннего уха, причём интенсивность болезненного процесса обычно бывает различной. Шум в ушах является чрезвычайно неприятным для больного и раздражающим его моментом, способствующим более глубокому нарушению слуха. В условиях тишины степень нарушения слуха увеличивается, в шуме – уменьшается. Периоды ремиссии могут продолжаться очень долго, иногда и несколько лет. Причиной неожиданного ухудшения состояния может быть целый ряд моментов: утомление, тяжелое и длительное заболевание и т.д., а у женщин – беременность, роды, кормление ребенка и климактерический период. Наивысшая стадия развития заболевания отмечается между 35 и 45 годами. Симптомы нарушения равновесия наблюдаются чрезвычайно редко.

При отоскопии не удается отметить значительных отклонений от нормы. Подвижность барабанной перепонки может быть нарушена в тех случаях, когда отосклеротический процесс распространяется на слуховые косточки. Проницаемость Евстахиевой трубы сохраняется, продувание не сопровождается улучшением состояния.

На рентгеновском снимке височной кости костная структура сосцевидного отростка выглядит совершенно нормально; его пневматизация не нарушена.

Результаты исследования слуха зависят от локализации отосклеротического процесса. Одинаково часто встречается как глухота проводимости, так и глухота смешанного типа, в то время как никогда не приходится наблюдать глухоты восприятия и феномена выравнивания громкости. Воздушная звукопроводимость обычно равномерно понижена, хотя более нарушена слышимость низких тонов. Очень характерным для отосклероза является улучшение слышимости через кость.

Целью профилактики отосклероза является задержка развития заболевания, которое при современном состоянии медицинской науки является неизлечимым. Следует избегать простуды, переутомления, а женщины должны избегать повторной беременности, особенно в тех случаях, когда после родов наступило понижение слуха, или же отосклероз проявился в каких-нибудь иных симптомах. Отосклероз является показанием для аборта.

Лечение является исключительно лишь хирургическим.

*Травматическая глухота.* Вопрос глухоты, вызванной травмой, касается механического повреждения слухового аппарата при травмах черепа, поражения слухового аппарата вследствие акустических травм и повреждения слухового аппарата при резких изменениях атмосферного давления.

Переломы пирамиды височной кости имеют место гораздо чаще, чем это можно предполагать. Они могут явиться причиной глухоты, которая часто появляется спустя длительное время после травмы.

Переломы черепа могут быть продольными и поперечными. При первых – повреждается главным образом барабанная полость, при вторых – внутреннее ухо.

Нередко возникают кровоизлияния в барабанную полость и внутреннее ухо, приводящие к нарушениям слуха.

### **ГЛУХОТА ДЕТСКОГО ВОЗРАСТА**

С точки зрения этиологии глухота детского возраста подразделяется на три группы:

- 1) наследственную,
- 2) врожденную,
- 3) приобретенную.

#### **Наследственная глухота.**

Случаи наследственной глухоты встречаются гораздо реже, чем врожденной и приобретен-

ной. О наследственной глухоте мы говорим тогда, когда она наблюдается у нескольких представителей одной и той же семьи или же как патологический признак передается из поколения в поколение. При подробном исследовании слуха очень часто у членов такой семьи обнаруживается глухота, правда, в некоторых случаях очень незначительной степени. Нередко имеют место островковые дефекты слуха, характерные для дегенеративных процессов в улитке. При наследственной глухоте, сопровождающейся недоразвитием костного лабиринта, отмечается нарушение функции кортиева органа.

Наследственная глухота может быть как доминирующим, так и рецессивным признаком. В первом случае глухота сопровождается иными наследственными заболеваниями, как, например, поли- и синдактимией, *retinitis pigmentosa* и т.д., что никогда не наблюдается в тех случаях, когда глухота является рецессивным признаком.

Глухота рецессивного типа может проявляться не в каждом поколении, что является причиной диагностических трудностей. При этом типе глухоты величина остаточного слуха обычно бывает настолько мала, что практически человека можно считать полностью глухим. В исключительных случаях лица с наследственной глухотой могут слышать обычную разговорную речь на расстоянии 1 метра.

### **Врожденная глухота.**

Врожденная глухота обуславливается:

1) недоразвитием слухового аппарата в период внутриутробной жизни,

2) повреждением слухового аппарата плода в утробе матери.

1. Задержка в развитии слухового аппарата возникает в тех случаях, когда отрицательный фактор начинает действовать уже в первой половине беременности, т.е. приблизительно на 4 – 5 неделе.

2. Повреждение слухового аппарата может наступить во второй половине беременности, т.е. начиная с 5 или 6 месяца внутриутробного развития.

Врожденная глухота чаще всего относится к типу глухоты восприятия, глухота проводимости наблюдается лишь в 7 % случаев и обуславливается врожденным заращением наружного слухового прохода и деформацией ушной раковины (microtia).

Причинами врожденной глухоты могут быть:

1) болезнь матери в период беременности,

2) токсические факторы,

3) гормональные расстройства,

4) несовместимость групп крови и резус-факторов.

1. Инфекционное и особенно вирусное заболевание, которое переносит женщина в период беременности, может привести к повреждению плода, которое иногда проявляется в поражении слухового аппарата. Если мать болеет инфекционной болезнью между 6 и 12 неделями беременности, то поражение слухового аппарата

может выразиться в недоразвитии улитки и ее нервных элементов. Краснуха (rubeola) приводит к развитию двухсторонней глухоты, обусловленной патологическими изменениями в улитке, а также в мешочке (sacculus) преддверья. Другие инфекционные болезни, которые переносит мать, такие как ангина, тиф, паратиф, а также инфекционная желтуха, оказывают отрицательное влияние на развитие лабиринта плода. В тех случаях, когда мать болеет туберкулезом, может развиться туберкулёзный процесс в среднем ухе плода, приводящий к глухоте. Инфекция при воспалительных процессах среднего уха нередко распространяется на мозговые оболочки, туберкулезным менингитом чаще всего дети болеют между 1 и 2 годами жизни. В случаях сифилиса матери у плода отмечаются дегенеративные изменения в клетках кортиева органа, а также разрывы рейснеровой и основной мембраны. Если не наступит самопроизвольный аборт, то ребенок рождается с пороком развития слухового аппарата. Наблюдающаяся при этом глухота относится к воспринимающему типу. Феномен выравнивания громкости всегда бывает положительным, и отмечается нарушение костной проводимости. В последнее время токсоплазмоз считают одной из ведущих причин врожденной глухоты. Диабет у матери бывает причиной самопроизвольных абортов в первые месяцы беременности, особенно у первобеременных. На секционном материале плода в таких случаях обнаруживаются экстравазаты в улитке и преддверие.

2. Токсические факторы, повреждающие плод и оказывающие отрицательное влияние на его слуховой аппарат, находятся в тесной связи с условиями работы и питанием матери. Лекарственные вещества, которые женщина принимает в период беременности, вредные для организма газы, соли тяжелых металлов, с которыми беременная женщина сталкивается по характеру своей работы, могут быть вредными для развивающегося плода. Неправильное питание, авитаминоз, недоедание беременной женщины отражаются на развитии плода. Хинин, принимаемый, как средство против малярии, а также в abortивных целях, может вызвать глухоту.

3. Гормональные расстройства также относятся к факторам, вредно действующим на слуховой аппарат. Характерным примером может быть глухота у кретинов, связанная с нарушением функции щитовидной железы. У кретинов часто обнаруживается утолщение слизистой оболочки среднего уха, а также деформация слуховых косточек. В ряде случаев подножная пластинка стремени также бывает утолщенной. Связь между косточками отсутствует. В органе равновесия, как правило, не удается обнаружить отклонений от нормы, в то время как в кортие-вом органе неоднократно отмечаются дегенеративные изменения. Описанные выше изменения были обнаружены у новорожденных, умерших спустя несколько дней после рождения.

4. При несовместимости резус-факторов матери и ребёнка часто наблюдается врожденная глухота, этиологию которой в целом ряде

случаев невозможно объяснить никакой другой причиной. В физиологических условиях у 85 % людей белой расы резус-фактор положительный, а у 15 % – отрицательный. Серологический конфликт, заключающийся в несовместимости резус-факторов, может обусловить развитие тяжелой формы желтухи, а также гемолитической анемии у новорожденного. Конфликт резус-факторов является причиной увеличенного содержания в крови билирубина, что оказывает отрицательное влияние на состояние нервной системы. Болезненные симптомы со стороны нервной системы появляются в связи с токсическим воздействием желчных пигментов на основные ядра мозга. Желтуха ядер преддверно-улиткового нерва может объяснить возникновение врожденной глухоты. На секциях, произведенных у новорожденных, умерших вскоре после рождения, была обнаружена желтоватая окраска ядер слуховых нервов, в то время как в периферическом отделе слухового аппарата, а также в височных долях мозга гистопатологические изменения отсутствовали. При гистологическом исследовании ядер чувствительных нервов, кроме их желтоватой окраски, были обнаружены и дегенеративные изменения в нервных клетках. Моментом, сопутствующим этим состояниям, является кислородное голодание клеток; некоторые авторы недостаток кислорода считают первопричиной, а проникновение билирубина рассматривают, как вторичное явление. Данные гистологического исследования трупного материала в случаях смерти, которая наступила в бо-

лее позднем периоде, свидетельствуют, о разрастании глиозной ткани в очагах дегенерации нервных элементов. При гемолитической анемии необходимо тотчас же после рождения ребёнка произвести трансфузию, что сможет предотвратить развитие глухоты вследствие кислородного голодания.

### **Приобретенная глухота.**

Приобретенная глухота подразделяется на:

- 1) глухоту, возникшую вследствие родовой травмы,
- 2) глухоту, развившуюся после рождения,
- 3) глухоту, появившуюся в более позднем периоде.

Глухота, возникшая вследствие родовой травмы.

Родовая травма может явиться причиной глухоты в случае:

- 1) кровотечения и недостатка кислорода,
- 2) диспропорции между размерами родовых путей и величиной головки ребенка, когда плод, с силой выталкиваемый сокращающимися мышцами матки повреждается, проходя через узкие родовые пути,
- 3) вмешательств, которые необходимо было произвести во время родов, например, применение щипцов и т.д.

1. Если к новорожденному дольше, чем в течение 5 минут не поступает кислород, то развиваются необратимые изменения в ядрах преддверно-улиткового нерва и глухота центрального происхождения. Имеется также опас-

ность поражения кортиева органа, т.к. экспериментально установлено, что кратковременный перерыв в поступлении кислорода сопровождается понижением электрического потенциала улитки. Совершенно ясно, что эти нарушения становятся явными лишь по достижению ребенком 2 – 3-летнего возраста, когда становится возможным исследование слуха.

2. Родовая травма возникает в тех случаях, когда имеется диспропорция между размерами родовых путей и величиной головки ребёнка, а также при неправильном положении плода. В таких случаях без соответствующей врачебной помощи погибает и мать, и ребёнок. Если же ребёнок выживет, то в будущем у него могут проявиться последствия родовой травмы. Вследствие диспропорции между родовыми путями и величиной плода могут возникнуть очаги кровоизлияния между надкостницей и костями черепа. Если, такая гематома инфицируется, то как осложнение может развиваться воспаление мозговых оболочек, а также лабиринта. Воспаление лабиринта может остаться незамеченным как близкими, так и врачами, т.к. нарушение равновесия и глухота ничем не проявляются у такого маленького ребенка. Нарушения функции после перенесения воспаления лабиринта обнаруживаются гораздо позднее, когда мать, обеспокоенная тем, что ребенок не говорит, обращается к врачу. Глухота в таких случаях характеризуется следующими признаками: поражением воспринимающего отдела, положительным феноменом выравнивания громкости, наличием островков

потери слуха. Воспаление лабиринта в большинстве случаев развивается вследствие распространения гематогенным путём (labyrinthitis haematogenes) инфекции, проникшей в кровь во время родов, если они происходили в нестерильных условиях.

Осложнением воспаления мозговых оболочек является глухота центрального происхождения, при которой отсутствует симптом выравнивания громкости, и не обнаруживаются островки потери слуха.

3. При ручной помощи во время родов, когда имеются сужения или неправильности в строении родового канала, можно сдавить мозг. Ребёнок рождается в состоянии асфиксии, дыхание при этом поверхностное, пульс замедленный. Если появляются судороги, то причиной их является субдуральное кровоизлияние. Переломы и трещины черепа наблюдаются чрезвычайно редко. Причиной кровоизлияний являются перемещения костей черепа, которые накладываются друг на друга, что приводит к развитию застойных явлений в кровеносных сосудах и разрывам их.

Повреждение слухового аппарата не является редкостью. На секционных наблюдениях умерших детей вскоре после рождения часто обнаруживались гематомы под твердой мозговой оболочкой в височной области, гораздо реже – в области основания черепа и на поверхности мозжечка. Нарушения слуха очень редко бывают единственными симптомами субдурального кровоизлияния. Как правило, одновременно отмеча-

ется и целый ряд других симптомов: эпилепсия, задержка умственного развития, также нарушение развития речи.

### Глухота, появляющаяся в более позднем периоде.

Диагностика глухоты в *первые 2 года* жизни ребенка часто представляет значительную трудность. О нарушениях функции слухового аппарата свидетельствуют следующие моменты:

- 1) ребенок утрачивает способность определять, откуда доносится звук,
- 2) не реагирует на голос матери и окружающих его людей,
- 3) совершенно не реагирует на высокие звуки, например, звонок у дверей, звонок телефона и т.п.

Дети, которые потеряли слух в первые месяцы жизни, точно так же, как и дети, родившиеся глухими, начинают лепетать в 16 – 18 месяцев, что вводит в заблуждение близких им людей, которые трактуют лепетание, как начало развития речи. Если ребенок не начал говорить до 2-х лет, родители обычно обращаются к врачу. Их беспокоит в таких случаях то, что ребенок не говорит, в то же время они редко отдают себе отчет в том, что ребенок не слышит.

Аллергические заболевания в 2-х первых годах жизни ребенка почти всегда сопровождаются изменениями аллергического характера слизистой оболочки носа, носоглотки и Евстахиевых труб. Хотя Евстахиева труба является относительно широкой, отёк ее слизистой оболочки

часто приводит к закрытию ее просвета, следствием чего может быть воспаление среднего уха, которое часто характеризуется хроническим течением, без перфорации барабанной перепонки и выделения гноя. Развивается, так называемая, скрытая форма воспаления, приводящая к стойкому поражению слухового аппарата.

Нарушения слуха, возникающие в приведенных выше случаях, имеют прогрессирующий характер.

Возникшая вначале глухота проводимости переходит в смешанный тип глухоты, которая обнаруживается чаще всего лишь после 2 года жизни, т.е. в возрасте, когда слух у ребенка уже можно исследовать. Во внутреннем ухе обычно отмечаются нарушения функционального характера, т.к. доходящие до него раздражители являются слишком слабыми, чтобы вызвать возбуждение в кортиевом органе. Потеря слуха, связанная с процессом, протекающим в Евстахиевой трубе и в среднем ухе, составляет от 30 до 60 дБ, превышение этой границы отмечается лишь тогда, когда присоединяется поражение внутреннего уха.

Поражение слухового аппарата может наступить при воспалении мозговых оболочек, которое чаще всего наблюдается между 1 и 2 годами жизни ребенка.

Воспаление мозговых оболочек в первые 2 года жизни ребенка является одной из наиболее частых причин приобретенной глухоты. Нарушение слуха, как правило, бывает двухсторонним, хотя слух понижается в различной сте-

пени с каждой стороны. После прекращения воспалительного процесса мозговых оболочек нарушение слуха продолжает прогрессировать, так что в конце концов исчезают и остатки слуха. Результаты аудиометрических исследований, произведенных у детей между 2 и 3 годами жизни, свидетельствуют о полной глухоте на все частоты приблизительно в 10 % случаев. Остаточный слух, ограничивающийся способностью воспринимать тоны с частотой 256 и 512 цикл/сек, отмечался в 75 % случаев. В оставшихся 15 % случаев остаточный слух обеспечивал возможность слухового восприятия и тона с частотой 1024 цикл/сек. Слышимость гласных обычно бывает очень слабой. Ребенок слышит голос, но не различает отдельных гласных. Среди согласных ребенок лучше всего слышит **р, з, б**, хуже всего **л**. Рано начатые слуховые упражнения дают возможность достичь значительного улучшения слуха.

Этиология глухоты, возникающей *после 2 года* жизни, несколько отличается от описанной выше. У детей после 2 лет в этиологии заболеваний уха увеличивается значение глоточной миндалины и небных миндалин. Гипертрофированная глоточная миндалина закрывает устье Евстахиевой трубы, в результате чего возникают трудности при оттоке экссудата, образующегося во время воспалительных процессов слизистой оболочки Евстахиевой трубы и среднего уха.

Инфекционные заболевания также играют роль этиологических моментов при нарушениях слуха.

При скарлатине в конце первой недели заболевания может возникнуть гнойный воспалительный процесс в среднем ухе, в результате которого могут образоваться стойкие рубцы в слуховом аппарате.

Во время кори инфицирование среднего уха происходит через Евстахиеву трубу. Воспаление среднего уха часто сопровождается перфорацией барабанной перепонки, что является причиной нарушения слуха.

При кори уменьшается сопротивляемость организма ребенка по отношению к туберкулезной инфекции.

У детей, болеющих туберкулезом, часто отмечаются аллергические заболевания, которые в большинстве случаев являются аллергическими реакциями на эндогенный аллерген.

### ***ВОССТАНОВЛЕНИЕ СЛУХА У ДЕТЕЙ***

В первом периоде лечения с целью восстановления слуха у глухого или же тугоухого ребенка пользуемся ударными инструментами: бубнами, треугольниками, кастаньетами, тамбуринами. Все эти инструменты являются шумовыми. Упражнения, заключающиеся в применении ударных инструментов, должны предшествовать музыкальным упражнениям, т.к. первый вид упражнений связан с тренировкой наиболее примитивных способностей слухового аппарата. Первобытный человек пользовался звуками, возникающими при ударе металла о металл (треугольник), дерева о дерево (кастаньеты) и т.д.

В филогенетическом развитии сначала возник слух по отношению к шумам, причем острота слуха у первобытного человека была гораздо большей, чем у современного человека. Во время борьбы с врагами, во время поисков питьевой воды, во время бегства от ядовитых змей формировалась и совершенствовалась острота слуха человека по отношению к шумам: шуму воды, шелесту листьев, звукам шагов неприятеля и т.д. Лечение с целью восстановления слуха начинаем от тренировки наиболее примитивных свойств слуха, т.е. от чувствительности по отношению к шумам, переходя потом к упражнениям с помощью музыкальных инструментов, далее переходим к упражнениям с гласными и, наконец, начинаем упражнения, связанные с словесными тестами. Целью этих упражнений является выработка чувствительности по отношению к основным качествам слуховых раздражителей: интенсивности, ритму, тембру и высоте.

*Интенсивность слуховых раздражителей.*

Чрезвычайно важным моментом является выработка способности различать интенсивность слуховых раздражителей. Во время упражнений следует избегать применения раздражителей, отличающихся слишком большой интенсивностью: слишком сильных звуков инструментов, или же громкого крика в ухо ребенка, т.к. всё это может вызвать чувство боли в ухе ребенка, и он инстинктивно начинает избегать упражнений, которые при их рациональном проведении становятся для ребенка приятной игрой. Можно бы предполагать, что у ребенка, с трудом разли-

чающего интенсивность сигналов forte и piano, невозможно выработать чувствительности по отношению к интенсивности, однако, это является вполне возможным. Дети делают быстрые успехи во время упражнений, целью которых является выработка умения различать тихие и громкие сигналы, если остаточный слух является достаточно большим. Чувствительность по отношению к различиям в интенсивности не имеет пропорциональной связи со степенью нарушения слуха. В целом ряде случаев приходится встречаться с фактом, когда ребенок с незначительным остаточным слухом благодаря упражнениям начинает ощущать различие между громкими и тихими звуками лучше, чем ребенок со значительно большим диапазоном слуха. Выше сказанное относится также к ритму, тембру и высоте. Следовательно, на музыкальность не влияет степень потери слуха.

*Ритм.* Ритмические упражнения выполняем на бубнах, треугольниках и тамбуринах. Для развития речи выработка чувства ритма имеет меньшее значение, чем умение различать высоту и определять тембр звука.

*Высота.* Умение различать высоту звуков является одним из наиболее важных моментов в развитии правильной артикуляции. Нормально слышащие дети способны ощущать различия в высоте отдельных звуков приблизительно с 3-летнего возраста, поэтому в этом возрасте ребёнок легче всего усваивает произношение в иностранных языках. Эта способность, по нашим наблюдениям, с возрастом не развивается,

а – наоборот – постепенно исчезает. Человеческое ухо отличается специальной чувствительностью по отношению к октавным высотам и гораздо легче отличает С первой октавы от С второй или же какой-нибудь другой октавы, чем звуки, разница в высоте которых составляет, например, полтона. Результаты исследования слуха у нормально слышащих детей в возрасте от 2 до 6 лет свидетельствуют о том, что способностью различать октавные звуки обладают уже маленькие дети. У глухих детей чувствительность по отношению к высоте звуков в первые годы жизни бывает значительно большей, чем в последующие, с возрастом она обычно постепенно уменьшается вплоть до полной утраты. Поэтому лечение с целью восстановления слуха следует начинать как можно раньше, т.е. между 2 и 3 годами жизни, а не в школьном возрасте, т.к. это будет слишком поздно.

Упражнения, вырабатывающие ощущение высоты тонов, выполняем, используя однооктавный ксилофон, начиная от октавных высот и постепенно переходя на терцию и квинту. Эти упражнения являются основным моментом лечения с целью восстановления слуха у глухих детей. У детей, у которых сохранилась способность различать октавные высоты, можно достигнуть очень хорошие результаты в процессе восстановления слуха. Первые упражнения основываются на использовании зрительного и тактильного чувства, причем очень большую роль при этом играет ощущение вибрации.

К слуховым упражнениям приступаем лишь после нескольких месяцев упражнений, связанных с использованием зрительного и тактильного чувства.

*Тембр акустических раздражителей.* Упражнения, связанные с выработкой способности различать тембр звуков, начинаем от использования ударных инструментов и постепенно переходим к другим музыкальным инструментам. В первые недели показаны упражнения на треугольниках, тамбуринах и т.д. Из музыкальных инструментов лучше всего использовать для этой цели скрипки. Составляющие частоты звуков скрипки очень напоминают по своим качествам составляющие частоты звуков человеческого голоса. Звуки можно записать на магнитофонную пленку и пользоваться ею во время упражнений. Упражнения с целью выработки ощущения тембра акустических звуков следует начинать после окончания цикла ритмических упражнений и упражнений, связанных с тренировкой способности определять интенсивность и высоту звуков.

Упражнения, посвященные тембру звуков, выполняются при использовании исключительно лишь слуха. Врач находится на близком расстоянии позади исследуемого ребенка. Следует по мере возможности исключить возникновение тактильного ощущения от колеблющейся воздушной струи. Развитие ощущения вибрации связано с совершенно иными методами тренировки.

Музыкальная память и музыкальное внимание у глухого ребенка развиты гораздо лучше, чем у слышащего. Лучшую музыкальную память у глухих детей можно объяснить более интенсивной функцией музыкального центра в переднем отделе височной доли головного мозга.

Хорошие результаты лечения с целью восстановления слуха можно достигнуть, используя нотную запись. Однолинейная запись употребляется для ударных инструментов, которые используются во время упражнений, посвященных ритму и интенсивности звуков. Для остальных инструментов используется пятилинейная запись, принятая в музыке.

Упражнения с нотной записи начинаем от повторения на бубне ритма, записанного с помощью однолинейной записи. Музыкальная фраза сначала повторяется по записи (зрительный контроль), потом включается акустический раздражитель, например, звук ксилофона, однако, еще остается зрительный контроль, ребенок по-прежнему читает нотный текст. Повторение сигналов на слух бывает возможным только в тех случаях, если остаточный слух является достаточно большим.

Восстановление слуха осуществляется благодаря генерализации условных рефлексов и закреплению выработанных рефлексов. Поэтому основным условием развития слуха является нормальное умственное развитие ребенка.

*Упражнения, связанные с восприятием голоса и отдельных гласных.* Многие дети слышат голос, но не могут различить отдельных гласных.

Упражнения начинаем от низких гласных *y, a, o*. Восприятие гласных *э, и* связано с большими трудностями. Начинаем от выработки рефлекса, используя зрение (чтение с губ) и тактильное чувство (с помощью камертонов или же руки, приложенной к вибрирующему месту лица, черепа, гортани и т.д.). Ни в коем случае нельзя требовать, чтобы ребенок повторял гласный звук, нужно лишь попросить ребенка, чтобы он выполнил какое-нибудь действие, имеющее характер игры, например, уставил кубики, вагоны и т.д. (реакция жестом). После закрепления этих реакций, в ходе дальнейших упражнений начинает использоваться исключительно лишь слух; вначале источник звука уместается на расстоянии от 5 до 10 см от уха ребенка, а затем в свободном пространстве за ребенком на расстоянии 15 см от него. Иногда приходится прибегать к помощи аппарата, усиливающего звуки. При этом следует использовать аппараты, не искажающие звуки, без дополнительных шумов.

Хорошие результаты лечения могут быть достигнуты в тех случаях, когда поражен лишь проводящий отдел слухового аппарата. При поражении кортиева органа лечение бывает мало эффективным. Лечение с целью восстановления слуха должно сопровождаться физикальным, фармакологическим лечением, а также продуванием Евстахиевых труб 2 – 3 раза в неделю.

Во время лечения необходимо периодически производить отологический контроль и проверку слуха.

## **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ**

1. Современные проблемы тератологии.
2. Критические периоды развития.
3. Характеристика понятия глухота.
4. Классификации глухоты.
5. Характеристика глухоты проводимости.
6. Характеристика глухоты восприятия.
7. Патология преддверно-улиткового нерва.
8. Глухота центрального происхождения.
9. Характеристика глухоты смешанной.
10. Глухота, обусловленная патологическими изменениями в наружном ухе.
11. Глухота, обусловленная патологическими изменениями в среднем ухе.
12. Нарушение проходимости Евстахиевой трубы.
13. Характеристика отосклероза.
14. Профилактика отосклероза.
15. Травматическая глухота.
16. Классификация глухоты детского возраста.
17. Характеристика наследственной глухоты.
18. Характеристика врожденной глухоты.
19. Причины врожденной глухоты.
20. Классификация приобретенной глухоты.
21. Глухота как следствие родовой травмы.
22. Особенности глухоты, возникающей в первые 2 года жизни.
23. Восстановление слуха у детей.
24. Упражнения на интенсивность слуховых раздражителей.

25. Упражнения на чувство ритма.
26. Восстановление способности различать высоту звука.
27. Упражнения на тембр звука.
28. Упражнения, связанные с восприятием голоса и отдельных гласных.

## ТЕСТЫ

**1.** В каких частотных диапазонах воспринимаются звуковые колебания человеческим ухом:

- А.** От 16 до 30000 Гц;
- Б.** От 6 до 20000 Гц;
- В.** От 200 до 20000 Гц;
- Г.** *От 16 до 20000 Гц.*

**2.** На экспертизу привезли человека, утверждающего, что он не слышит звуков. Однако анализ ЭЭГ, зарегистрированной от затылочных и теменных областей мозга, помог отвергнуть ложное утверждение обследуемого. Что увидел врач на ЭЭГ при включении звонка:

- А.** Альфа-ритм;
- Б.** *Бета-ритм;*
- В.** Гамма-ритм;
- Г.** Дельта-ритм.

**3.** К каким видам рецепторов относится кортиева орган:

- А.** Первично чувствующий хеморецептор;
- Б.** *Вторично чувствующий экстерорецептор;*
- В.** Первично чувствующий экстерорецептор;
- Г.** *Вторично чувствующий механорецептор;*
- Д.** Вторично чувствующий хеморецептор.

**4.** Укажите механизм восприятия высоких тонов:

- А.** *Пространственное кодирование в улитке;*
- Б.** Телефонный эффект слухового нерва;
- В.** Нет правильного ответа.

**5.** Укажите механизм восприятия силы звукового раздражения:

- А.** *Пространственное кодирование в улитке;*
- Б.** Телефонный эффект слухового нерва;
- В.** *Разное количество возбуждающихся чувствительных нейронов;*
- Г.** *Разная возбудимость наружных и внутренних волосковых клеток.*

**6.** Наличие амплитудного максимума в улитке обеспечивает:

- А.** *Различение высоты звуков в диапазоне высоких частот;*
- Б.** *Различение высоты звуков в диапазоне низких частот;*
- В.** *Различение силы звука в диапазоне высоких частот;*
- Г.** *Различение силы звука в диапазоне низких частот.*

**7.** Телефонный механизм кодирования звуковых колебаний обеспечивает:

- А.** *Различение высоты звуков в диапазоне высоких частот;*
- Б.** *Различение высоты звуков в диапазоне низких частот;*

**В.** Различение силы звука в диапазоне высоких частот;

**Г.** Различение силы звука в диапазоне низких частот.

**8.** Укажите пропущенные структуры в проводниковой части слухового анализатора:

*Улитка – кохлеарные ядра – латеральная петля – ..... – слуховая кора.*

**А.** Медиальное коленчатое тело;

**Б.** Латеральное коленчатое тело;

**В.** Нижние бугры четверохолмия;

**Г.** Верхние бугры четверохолмия;

**Д.** Хвостатое ядро.

**9.** Корковый центр слухового анализатора располагается:

**А.** В височной зоне коры мозга;

**Б.** В постцентральной извилине коры мозга;

**В.** В затылочной доле коры мозга;

**Г.** В прецентральной извилине коры мозга.

**10.** Внутреннее ухо, как аппарат пространственного частотного анализа звуковых колебаний, включает:

**А.** Улитку;

**Б.** Кортиев орган;

**В.** Полукружные каналы;

**Г.** Преддверие улитки.

**11.** Перепончатый лабиринт улитки заполнен:

**А.** Перилимфой;

**Б.** Эндолимфой;

- В.** Тканевой жидкостью;
- Г.** Спинномозговой жидкостью.

**12.** Эндолимфа улитки отличается от перилимфы:

- А.** *Большим содержанием ионов калия;*
- Б.** *Меньшим содержанием ионов калия;*
- В.** *Большим содержанием ионов натрия;*
- Г.** *Меньшим содержанием ионов натрия.*

**13.** По отношению к перилимфе эндолимфа заряжена:

- А.** *Отрицательно;*
- Б.** *Положительно;*
- В.** *Не имеет заряда.*

**14.** Вставьте пропущенное слово. Костная проводимость звука ... воздушной.

- А.** *Выше;*
- Б.** *Ниже;*
- В.** *Равна.*

**15.** Вставьте пропущенное слово. Слуховой нерв образован аксонами ... клеток спирального узла улитки.

- А.** *Горизонтальных;*
- Б.** *Биполярных;*
- В.** *Амакриновых;*
- Г.** *Ганглиозных.*

**16.** Укажите, как изменяется сила и амплитуда звуковых колебаний с помощью слуховых косточек среднего уха:

- А.** Сила увеличивается, амплитуда снижается;
  - Б.** Сила уменьшается, амплитуда увеличивается;
  - В.** Сила и амплитуда уменьшаются;
  - Г.** Сила и амплитуда увеличиваются.
- 17.** Свободный край ушной раковины образует:
- А.** Мочку уха;
  - Б.** Завиток;
  - В.** Лады;
  - Г.** Противозавиток.
- 18.** Барабанная перепонка срастается:
- А.** С молоточком;
  - Б.** Со стремением;
  - В.** С наковальней;
  - Г.** Не сращена со слуховыми косточками.
- 19.** Опорные клетки кортиева органа делят на:
- А.** Клетки - столбы;
  - Б.** Наружные поддерживающие;
  - В.** Внутренние фаланговые;
  - Г.** Внутренние поддерживающие.
- 20.** Длина слухового прохода составляет:
- А.** 1,5 – 2,5 см;
  - Б.** 2,5 – 3,5 см;
  - В.** 3,5 – 4,0 см;
  - Г.** 2,0 – 3,0 см.
- 21.** Основание стремени закрывает:
- А.** Круглое отверстие;

- Б.** Глоточное отверстие;
- В.** *Овальное отверстие;*
- Г.** Наружное отверстие.

**22.** Выберите стенки барабанной полости:

- А.** *Покрышковая;*
- Б.** Средняя;
- В.** *Лабиринтная;*
- Г.** Височная.

**23.** Спиральный канал улитки имеет длину:

- А.** 23-25 мм;
- Б.** 25-28 мм;
- В.** *28-30 мм;*
- Г.** 30-32 мм.

**24.** Слуховая труба начинается:

- А.** Отвальным отверстием;
- Б.** Наружным слуховым отверстием;
- В.** *Глоточным отверстием;*
- Г.** Круглым отверстием.

**25.** Верхняя полость спирального канала называется:

- А.** Барабанная лестница;
- Б.** Костная лестница;
- В.** Перепончатая лестница;
- Г.** *Лестница преддверия.*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Альтман Я. А., Вайтулевич С. Ф. Слуховые вызванные потенциалы и локализация источника звука. – СПб., 1992. – 295 с.

2. Батуев А. С., Куликов Г. А. Введение в физиологию сенсорных систем. – М., 1983. – 247 с.

3. Броун Г. Р., Ильинский О. Б. Физиология электрорецепторов. – Л., 1984. – 184 с.

4. Бабский Е. Б., Зубков А. Л. Физиология человека. – М., 1966. – 655 с.

5. Вартамян И. А. Физиология сенсорных систем. – 1999. – 376 с.

6. Ильинский О. Б. Физиология сенсорных систем. – Л., 1975. – 197 с.

7. Кейдель В. Физиология органов чувств. – М., 1975. – 245 с.

8. Куффлер С., Николс Дж. От нейрона к мозгу. – М., 1979. – 448 с.

9. Нормальная физиология / Под ред. А. В. Коробкова. – М., 1980. – 545 с.

10. Окс С. Основы нейрофизиологии. – М., 1969. – 487 с.

11. Синельников Р. Д. Атлас анатомии человека. Т. 3. – М., 1983. – 399 с.

12. Тамар Г. Основы сенсорной физиологии. – М., 1976. – 520 с.

13. Физиология человека / Под ред. Г. И. Косицкого. – М., 1985. – 600 с.

14. Физиология с основами анатомии человека /Под ред. А. В. Логинова. – М., 1983. – 495 с.

# ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

**Аудиограмма** 34  
**Аудиометрия** 33

**Бар** 22  
Барабанная  
– лестница 14  
– перепонка 6, 26, 27, 70  
– полость 8, 53  
– стенка 8,

**Волосковые клетки** 15, 32

**Глоточное отверстие** 9,  
**Глухота** 45  
– восприятия 48  
– врожденная 60  
– наследственная 61  
– приобретенная 64  
– проводимости 46  
– смешанная 51  
– центральная 50  
– этиология 52  
**Грохот** 24

**Завиток,**  
**Звук**  
– высота 21, 72  
– классификация 21

- сила 22
- скорость распространения 22
- Звуковое давление 22, 23

**Козелок** 6  
Кортиев орган 15, 49

**Лабиринт**  
– костный 11  
– перепончатый 11, 14, 54  
Ладья 5  
Лестница  
– барабанная 14  
– преддверная 14

**Мембрана**  
– наружная 15  
– основная 15, 16, 61  
– покровная 15  
– преддверная 15  
Молоточек 10

**Мышцы**  
– натягивающая барабанную перепонку 27  
– стременная 27

**Наковальня** 10

**Окно**  
– круглое 11, 17  
– овальное 11  
Отосклероз 46, 55

**Полукружные каналы** 11

Порог слышимости 22  
Потенциалы  
– микрофонный 31  
– постоянный эндолимфатический 31  
– суммационный 31  
Преддверие 11  
Противозавиток 5  
Пупок барабанной перепонки 7

**С**лух 19  
– абсолютный 33  
– музыкальный 33  
– релятивный 33  
– восстановление 70  
Слуховая труба 9, 54  
Слуховые косточки 9, 26  
Сон 24  
Составляющая частота 20  
Стереоцилии 15  
Стремечко 10, 62

**Т**еории звуковосприятия  
– бегущей волны 30  
– резонансная 29  
Тератология 43, 45  
Тон сравнения 24  
Треугольная ямка 5

**У**литка 11  
Ухо  
– внутреннее 10, 28  
– наружное 5, 52  
– среднее 8, 26, 52, 70

Ушная раковина 5, 24, 25  
– бугорок 5

**Ф**еномен выравнивания громкости 36, 49  
Фон 23  
Формант 20

**Ш**ум 24

Учебное издание

**БОЯРЧУК Елена Дмитриевна**  
**ВИНОГРАДОВ Александр Анатолиевич**  
**ШЕЙКО Виталий Ильич**  
**ВИНОГРАДОВ Олег Александрович**

**АНАТОМИЯ,  
ФИЗИОЛОГИЯ И ПАТОЛОГИЯ  
ОРГАНА СЛУХА**

*Учебное пособие для студентов  
высших учебных заведений  
(пробный вариант)*

Редактор – Е. Д. Боярчук  
Компьютерный макет – О. А. Виноградов  
Корректор – Д. И. Боярчук

---

Здано до склад. 4.04.2007 р. Підп. до друку 4.05.2007 р.  
Формат 60×84/16. Папір офсет. Гарнітура Bookman Old Style.  
Друк різнографічний. Умов. дрк. арк. 5,4. Наклад 100 прим.  
Зам. № 16.

---

**Видавництво ЛНПУ імені Тараса Шевченка**  
**«Альма-матер»**

вул. Оборонна, 2, м. Луганськ, 91011.  
Тел./факс. (0642) 58-03-20